79.5) 151
c.1

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

27/1921 collated O.K.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV

TOME DIXIÈME

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1881

21-56-37 + Eng. 3

LA CHIMIE MODERNE (Agricole

ET LA

THÉORIE DE L'UNITÉ DE LA MATIÈRE ET DES FORCES.

L'univers entier, avec la prodigieuse diversité d'êtres qu'il offre à notre observation, est régi par des lois générales auxquelles toute matière est soumise, tant dans le règne organique que dans le règne inorganique. Cette grandiose simplicité du plan des mondes est complétée et comme couronnée par l'unité du but, vers lequel tendent les différents êtres groupés dans un ordre hiérarchique immuable.

De là les harmonies profondes de la nature et la majestueuse beauté de l'ensemble de la création, que la philosophie ancienne avait si bien comprise sous le nom de κοσμός.

Toute théorie donc qui ramène les phénomènes matériels à l'unité, à la simplicité, doit être regardée comme constituant un progrès dans la philosophie générale de la nature. Elle aura droit à la bienveillance aussi longtemps qu'elle ne sera pas en contradiction flagrante avec des vérités constatées, alors même qu'elle ne pourrait expliquer la totalité des phénomènes. Telles sont les théories

suivant lesquelles tous les phénomènes matériels peuvent se décomposer en dernière analyse en *matière* et *force*, et qui ne conçoivent pas le mouvement sans quelque chose qui se meut, ni la force sans une matière sur laquelle elle agit.

Nous devons à Lavoisier, le célèbre fondateur de la chimie quantitative, c'est-à-dire scientifique, la loi de la conservation de la matière. La matière est, dans les phénomènes, indestructible, impérissable ; quand elle semble disparaître, c'est la manière d'être qui change ; la quantité, mesurée par le poids, reste invariablement la même.

Les études et les recherches quantitatives auxquelles, après Lavoisier, les chimistes se livrèrent avec un zèle assidu, amenèrent bientôt la découverte de la loi des proportions multiples. Dalton en donna l'explication la plus simple par sa théorie atomique. Il partage avec Lavoisier l'honneur d'avoir fondé la chimie moderne.

La théorie atomique est encore aujourd'hui dans ses traits généraux telle que Dalton l'a émise. Tout corps qui n'est plus matériellement décomposable en deux ou plusieurs matières de nature différente est appelé *élément*. Il se compose d'*atomes*. Les atomes constituent le dernier degré de divisibilité de la matière qu'on puisse chimiquement atteindre. Ils sont tous égaux entre eux dans un élément donné ; mais leur poids et leurs qualités varient d'un élément à un autre.

Quoiqu'un bon nombre des éléments admis par Dalton ait dû disparaître devant les progrès de la chimie analytique, la majeure partie a résisté aux moyens les plus énergiques de décomposition, aux températures les plus hautes et aux courants électriques les plus puissants. En outre, de nouvelles substances sont venues et viendront encore se ranger parmi les éléments.

Tout espoir de les décomposer par les moyens dont la science dispose actuellement semble avoir disparu pour

longtemps. Mais faut-il conclure de là que cette division soit et reste matériellement impossible ? Évidemment non. La seule conclusion légitime, c'est que nous ne disposons pas actuellement de forces matérielles suffisantes pour pousser au delà la division de la matière.

En faisant abstraction de quelques éléments rares, tels que l'Erbium, le Terbium, le Philippium, le Décipium, l'Holmium, le Thulium, le Vasium, le Norvégium, etc., substances, dont les propriétés distinctives ne sont pas encore établies avec certitude, on connaît à présent 65 éléments ou formes primitives sous lesquelles la matière nous apparaît.

Au premier coup d'œil on aperçoit la différence très marquée qui existe entre certains d'entre eux. Ainsi il est de toute évidence que le Chlore et le Potassium peuvent être regardés comme deux essences spécifiquement différentes.

Par contre, il existe d'autres éléments si semblables, qu'il a fallu les recherches les plus minutieuses et les progrès analytiques les plus récents pour établir leur individualité. Enfin plusieurs corps attendent encore l'honneur d'être rangés parmi les éléments, leurs caractères différentiels n'ayant encore pu être prouvés avec certitude.

Les métaux alcalino-terreux rares, tels que le Cérium, l'Yttrium, le Lanthane, le Didyme, le Scandium, l'Erbium, le Terbium, le Thulium, le Philippium et le Décipium, ont tous au point de vue chimique une grande ressemblance avec l'Aluminium. Ils en diffèrent seulement par la solubilité plus ou moins grande de quelques-uns de leurs sels, tels que les oxalates, les sulfates et les sulfates doubles de potasse, et par la décomposition plus ou moins facile de leurs nitrates. Ces réactions donnent aussi le seul moyen de les séparer.

Il nous répugne d'admettre que des éléments qui ont une si grande ressemblance soient des essences spécifiquement différentes ; au contraire, nous croyons qu'ils sont tous composés d'une matière élémentaire commune, dont les

groupements plus ou moins différents se traduisent par une diversité plus ou moins grande de leurs propriétés. Par contre, nous croyons que deux atomes aussi dissemblables que le Chlore et le Potassium doivent présenter un groupement tout à fait différent de leurs parties constituantes que nous appellerons *particules primitives*.

Quelle que soit la dissemblance de ces agrégats, l'hypothèse d'une matière première unique, constitutive de tous les atomes, exige au moins une loi commune à toute matière. Or, tous les atomes sont sujets à la gravité ; la loi d'après laquelle cette attraction agit, est rigoureusement la même pour toutes les espèces d'atomes. Cela s'accorde-t-il avec l'hypothèse d'éléments différents dans leur nature primitive même? Les lois fondamentales de la mécanique s'appliquent, elles aussi, avec la même exactitude à toute masse, quels que soient les atomes qui la composent. Ces faits parlent hautement en faveur de l'unité de la matière.

Cette hypothèse a reçu une puissante confirmation de certains travaux récents de chimistes distingués. En étudiant toutes les propriétés physiques et chimiques des éléments, telles que l'affinité chimique, le volume et la chaleur atomique, la valence, les propriétés optiques, électriques et magnétiques, la cohésion et même les formes cristallographiques, et en comparant ces propriétés dans des conditions identiques avec les poids atomiques, on a constaté qu'elles sont toutes une fonction périodique de ces derniers.

Si l'on groupe tous les éléments d'après leurs poids atomiques, en laissant de côté l'hydrogène qui constitue un corps isolé et sans analogue dans la série des éléments connus, on peut former d'abord deux petites périodes de 7 éléments, commençant par le Lithium et par le Sodium, et finissant par le Fluor et par le Chlore. Viennent ensuite deux grandes périodes de 17 éléments chacune, commençant par le Potassium et par le Rubidium, et finissant par le

Brome et l'Iode. Les cinquième, sixième et septième périodes sont encore très incomplètes.

3)	K.	Ca.	Sc.	Ti.	V.	Cr.	Mn.	Fe.	Co.	Ni.	Cu.	Zn.	Ga.	—	As.	Se.	Br.
4)	Rb.	Sr.	Y.	Zr.	Nb.	Mo.	—	Ru.	Rh.	Pd.	Ag.	Cd.	In.	Sn.	Sb	Te.	I.
5)	Cs.	Ba.	(La.	Ce.	Di).	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6)	—	—	Yb.	—	Ta.	Tu.	—	Os.	Ir.	Pt.	Au.	Hg.	Tl.	Pb.	Bi.	—	—
7)	—	—	Th.	—	Ur.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Toutes ces périodes sont caractérisées par un changement lent et successif des qualités physiques et chimiques de leurs éléments.

Ce changement s'appelle la *fonction* d'une période.

Le caractère de la fonction des périodes 1 et 2 est le même ; les éléments correspondants, tels que le Lithium et le Sodium, l'Azote et le Phosphore, l'Oxygène et le Soufre, ont des propriétés analogues. On les appelle éléments *homologues*, tandis que les éléments d'une même période, tels que le Lithium et le Beryllium, l'Azote et l'Oxygène, le Soufre et le Chlore, sont *hétérologues*.

En comparant les petites périodes avec les grandes, on reconnaît facilement que les atomes du commencement de toutes les périodes se ressemblent dans leurs propriétés physiques et chimiques.

On peut comparer Li, Na, K, Rb et Cs ;
Be, Mg, Ca, Sr et Ba ;
B, Al, Sc, Y, La, Yb et Th ;
C, Si, Ti, et Zr.

Mais vers le milieu des grandes périodes ces analogies disparaissent, pour reparaître vers la fin :

On peut comparer Fl, Cl, Br et I ;
O, S, Se et Te ;
Az, Ph, As, Sb et Bi.

Il en résulte nécessairement que la fonction des trois

grandes périodes est autre que celle des deux petites. Mais dans toutes les périodes il y a un changement lent et successif des différentes qualités physiques que nous avons signalées plus haut, et qui présentent tantôt leur maximum, tantôt leur minimum, vers le milieu de chaque période.

Dans les trois grandes périodes, les qualités chimiques, qui se reflètent dans l'affinité des atomes, dans leur valence, etc., ont une périodicité double, c'est-à-dire, deux maximums ou minimums dans chaque période ; de telle sorte que les 7 premiers et les 7 derniers éléments de chaque grande période sont homologues aux 7 éléments des deux petites périodes.

Les trois éléments du milieu des grandes périodes occupent ainsi une place séparée, puisqu'ils n'ont pas d'homologues dans les deux premières.

Le tableau ci-contre rend compte de tous ces détails ; les chiffres indiquent, aux décimales près, les poids atomiques.

Ces analogies nous prouvent que, si la nature des éléments dépend en partie de leurs poids atomiques, elle n'en saurait cependant dépendre exclusivement ; car dans ce cas les qualités physiques et chimiques des éléments devraient être rigoureusement proportionnelles à ces mêmes poids, tandis qu'en réalité nous ne constatons qu'une périodicité plus ou moins régulière. Celle-ci peut être représentée graphiquement par autant de courbes qu'on distingue de périodes. Ces courbes se ressemblent plus pour les deux petites périodes que pour les trois grandes.

A côté du poids atomique, il existe donc certainement un autre facteur, qui intervient dans la différenciation des atomes élémentaires. Ce facteur détermine la périodicité, et ne semble être autre chose que le mode de groupement des particules primitives des atomes ; tandis que le poids atomique exprime le nombre de ces particules primitives qui sont réunies dans un même atome.

Les atomes ne différeraient donc que par le nombre et le groupement des particules qu'ils contiennent.

Groupe		1	2	3	4	5	6	7	8		
Combinaisons avec H.		—	—	—	MH_4	MH_3	MH_2	MH			M_2H
Oxydes maxima pouvant former des sels		M_2O	MO	M_2O_3	MO_2	M_2O_5	MO_3	M_2O_7	MO_3	MO_2	MO
Périodes	Séries	H 1									
1	1	Li 7	Be 9	B 11	C 12.	Az 14	O 16	Fl 19			
2	2	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	Ph 31	S 32	Cl 35			
3	3	K 39	Ca 40	Sc 45	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56	Co 58	Ni 58
	4	Cu 63	Zn 65	Ga 70	— 73	As 75	Se 79	Br 80			
4	5	Rb 85	Sr 87	Y 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	— 100	Ru 101	Rh 104	Pd 106
	6	Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 126	I. 127			
5	7	Cs 132	Ba 137	(La 139,	Ce 140,	Di 144)	—	—	—	—	—
	8	—	—	—	—	—	—	—			
	9	—	—	Yb 173	—	Ta 182	Tu 184	—	Os (198)	Ir 193	Pt 196
	10	Au 197	Hg 200	Ti 204	Pb 206	Bi 210	—	—			
	11	—	—	—	(Th 234)	—	Ur 240	—			

Nous trouvons l'application la plus étendue de ce principe de variation dans la structure des molécules organiques. Il existe des séries de corps organiques dont tous les membres ont une structure interne identique, à la différence près que le nombre d'atomes de carbone va croissant ; cette identité de structure interne produit une identité presque absolue de leurs propriétés chimiques. Ces séries sont dites séries homologues. La plus connue est celle des acides gras, qui commence par les acides formique, acétique, propionique, butyrique, etc.

Ces séries homologues correspondent aux groupes d'atomes homologues, tandis que les atomes hétérologues trouvent leur analogie dans les molécules isomères ; ici le nombre des atomes reste constant, mais c'est leur groupement qui diffère. Cette différence dans les groupements produit, dans les propriétés des molécules isomères, une égale série de différences, qui commencent par des variations à peine sensibles. Ainsi, par exemple, il existe des groupements qui ne se différencient principalement que par la propriété de faire dévier plus ou moins le plan de la lumière polarisée. Citons la grande classe des corps appelés terpènes, qui contient des essences aromatiques odorantes, telles que la térébenthine, l'essence de citron, d'orange, de bergamote, de lavande, de junipère, de plusieurs conifères, etc. Tous ces corps ont la formule générale $C_{10} H_{16}$ et ne diffèrent guère que par quelques propriétés optiques et par leur parfum. D'autres molécules isomériques ne présentent qu'une différence à peine appréciable dans leur forme cristallographique. Ainsi l'acide tartrique droit $C_4 H_6 O_6$ possède une variante, dite acide tartrique gauche, dont le sel double d'ammoniaque et de soude $C_4 H_4 O_6$ (Na, Az H_4) ne diffère du même sel du premier acide qu'en ce que le cristal du premier représente l'image réfléchie, c'est-à-dire, inversement symétrique du second.

Par contre il existe d'autres substances isomériques, telles que la dipropargyle, $C_6 H_6$ et la benzine $C_6 H_6$, qui

présentent dans leurs propriétés physiques et chimiques les différences les plus radicales.

Nous connaissons de même des éléments hétérologues, ayant presque le même poids atomique, mais profondément distincts, tels que le Sélénium (79) et le Brome (80), et d'autres au contraire, différant à peine, comme le Cobalt (58) et le Nickel (58).

Quelque grandes que soient ces différences, l'hypothèse d'une matière primitive, commune à tous les éléments, offre l'explication la plus naturelle et la plus vraisemblable de leur périodicité.

Cette matière primordiale ne doit et ne peut même pas être l'hydrogène, comme l'avait supposé Prout. Les recherches de M. Stas, véritables modèles d'exactitude, ont prouvé à l'évidence que beaucoup de poids atomiques ne sont pas multiples du poids atomique de l'hydrogène.

Ce chimiste éminent avait trouvé pour le poids atomique

de l'Argent	107,660	de l'Oxygène	15,960
du Chlore	35,368	du Potassium	39,040
du Brome	79,750	du Sodium	22,980
de l'Iode	126,533		

L'exactitude de ces recherches était telle que la limite d'erreur possible se trouvait inférieure pour la plupart des atomes à 0,001 et même, pour quelques-uns, comme pour l'Iode, à 0,0001 de la valeur totale.

Autrefois le poids atomique se présentait comme une valeur quasi accidentelle ; aujourd'hui la loi de la fonction périodique l'indique d'avance et lui sert de contrôle. C'est ainsi que l'on a pu rectifier le poids atomique de l'Indium de 75,8 à 113, celui du Beryllium de 19,3 à 9, de l'Urane de 120 à 240, du Tellure de 128 à 126,3 et de l'Iridium de 197 à 192,7

Les valeurs qu'on avait adoptées auparavant pour ces éléments, ne s'accordaient pas avec la loi de la fonction

périodique, tandis que des recherches nouvelles et plus exactes, provoquées par ce désaccord, ont permis de leur donner la place que la théorie leur avait assignée d'avance.

C'est ainsi que, par une simple comparaison avec d'autres substances analogues, on peut déterminer le poids moléculaire d'une combinaison organique, dès que l'on a précisé sa place dans le système. Bien plus, il est même possible de prédire les propriétés principales d'une molécule organique inconnue, si sa place exacte dans le système a été rigoureusement fixée. Supposons par exemple que, dans la série des acides gras, l'acide propionique ne soit pas connu, alors que les propriétés des acides voisins, acides acétique et butyrique, sont bien étudiées. On pourra dire avec certitude : Entre les acides acétique et butyrique il doit exister un acide, ayant tel poids moléculaire et telles qualités physiques et chimiques, poids et qualités qui ne seront autres que ceux de l'acide propionique, tel que nous le connaissons.

Fait bien remarquable, la même chose a pu se faire pour les atomes élémentaires. Mendejeleff a déterminé d'avance le poids atomique et toutes les propriétés de deux éléments qu'il a appelés *Ekabore* et *Ekaluminium*, propriétés qui ont été trouvées identiques avec celles du Scandium Sc, découvert par Clève, et du Gallium Ga, découvert par Lecoq de Boisbaudran. Véritable triomphe, qui a donné une sanction incontestable aux spéculations de la théorie.

Il est à espérer que bientôt les lacunes des séries 8-11 disparaîtront également. Peut-être y verrons-nous ranger certains éléments, assez nombreux du reste, qui n'ont pu encore être placés d'une manière définitive et irrévocable parmi les corps simples (Philippium, Décipium, etc.). Il est possible aussi que ces corps appelés par la théorie n'existent pas sur la terre et se trouvent dans un corps céleste, par exemple, dans le soleil. Nous observons, en effet, dans le spectre solaire des raies qui n'ont pas de rapport avec les

éléments connus ici-bas. Il est également possible que ces éléments n'existent pas du tout. La théorie n'exige pas leur existence, mais indique seulement leur possibilité.

Espérons que l'étude suivie de toutes les propriétés des éléments nous fera connaître la loi de la fonction périodique du poids atomique, à un degré d'exactitude tel qu'il nous devienne possible d'établir la structure interne des atomes eux-mêmes. Le but principal que la chimie scientifique doit poursuivre est, en effet, de pénétrer jusqu'aux derniers éléments de la matière, d'établir leurs propriétés exactes et d'en déduire d'avance les propriétés de toutes les combinaisons possibles.

Hâtons-nous d'avouer que nous sommes, hélas ! encore bien loin de ce but final, et que le chemin pour y arriver n'est pas encore tracé. Quant aux forces qui régissent les mouvements de cette matière, les savants sont, aujourd'hui encore, fort divisés sur leur origine. Pour notre part, on le verra suffisamment dans les pages qui suivent, nous admettons, à titre d'hypothèse, la théorie des tourbillons, qui attribue aux atomes et aux molécules, outre le mouvement vibratoire, un mouvement de rotation d'où résulterait une raréfaction plus ou moins grande de l'éther environnant. Ce serait la réaction de l'éther extérieur libre, c'est-à-dire sa pression sur la périphérie du tourbillon, qui causerait l'*affinité chimique* entre les atomes et la *cohésion* entre les molécules.

L'affinité chimique peut être envisagée sous deux points de vue différents :

1° Selon l'énergie avec laquelle les atomes se combinent;

2° Selon la capacité de l'affinité, c'est-à-dire selon le nombre des atomes qu'un atome donné retient en combinaison.

C'est ainsi que l'énergie de l'affinité se distingue de la valence ou atomicité.

Énergie de l'affinité chimique. En déterminant à l'aide d'un rayon solaire la combinaison d'un volume d'hydrogène avec un volume de chlore, on constate un dégagement notable de chaleur, et néanmoins aucune contraction n'a eu lieu, comme on peut s'en assurer en ramenant à la température primitive l'acide chlorhydrique ainsi obtenu. D'après la règle d'Avogadro, le nombre des molécules est donc resté le même avant et après la transformation.

La théorie cinétique des gaz nous apprend que la température d'un gaz est proportionnelle à la force vive du mouvement vibratoire de ses molécules ; cette énergie actuelle a donc augmenté dans le cas présent, et puisque aucune énergie n'a été apportée de l'extérieur, nous devons conclure, qu'elle préexistait dans le mélange gazeux, cachée ou, selon la formule usitée, à l'état latent.

Puisqu'à côté de leur mouvement vibratoire nous avons attribué aux atomes un mouvement rotatoire, nous sommes en droit de supposer que, dans l'acte de combinaison des atomes, leur rotation se transforme en partie en mouvement vibratoire qui nous apparaît sous forme de chaleur.

Faisons l'inverse et augmentons successivement la température d'une molécule d'acide chlorhydrique HCl; il arrivera un moment où les atomes se sépareront, et l'expérience prouve qu'il y a une certaine quantité de chaleur qui a disparu sous forme de travail intérieur. Cette quantité de chaleur est exactement la même que celle qui s'était dégagée par la combinaison des atomes primitivement séparés.

Ce phénomène de décomposition des molécules par la chaleur s'appelle *dissociation.*

Théoriquement, chaque molécule doit se dissocier à une certaine température, comme il existe aussi pour chaque corps un point de fusion et de vaporisation. Mais la dissociation ne se fait pas instantanément.

La théorie cinétique des gaz nous explique pourquoi ; elle considère, en effet, que la température d'un gaz représente le chiffre moyen de l'énergie actuelle de l'ensemble

des molécules contenues dans ce gaz; mais dans le nombre de ces molécules, il y en a dont les vitesses sont au-dessus et d'autres dont les vitesses sont au-dessous de la vitesse moyenne. Ces écarts sont d'autant plus considérables que la valeur absolue de la température augmente. Il y aura donc déjà dissociation de quelques molécules avant que la moyenne soit atteinte et, avant que les dernières molécules soient dissociées, la moyenne sera considérablememt dépassée.

Le même phénomène se présente dans la vaporisation des liquides, qui commence déjà à se produire longtemps avant leur point d'ébullition (pour l'eau de 0° à 100°).

D'un autre côté, chaque molécule qui se dissocie absorbe de la chaleur ; cette absorption se fait aux dépens de la température des molécules voisines, la dissociation ne peut donc se propager que successivement dans toute la masse.

L'on comprendra aisément que la dissociation se fasse d'autant plus facilement, qu'on enlève plus promptement les produits dissociés au fur et à mesure qu'ils se forment ; on évite ainsi la recomposition des molécules primitives, et on empêche pareillement la pression qu'exerceraient les molécules dissociées et qui s'opposerait à la dissociaciation ultérieure.

La dissociation de l'eau commence vers 1200° pour être complète à 2500°. L'iode I_2 se dissocie en atomes libres à partir de 600° jusqu'à 1500°. Tandis que la molécule compliquée du soufre S_6 se décompose en trois molécules ($S_6 = 3\ S_2$) dans l'intervalle de 700° à 1000°, celle du phosphore libre, qui, étant composée de 4 atomes Ph_4, est à peine moins complexe, reste encore intacte à la température de 1100°.

L'oxyde perazotique $Az_2\ O_4$ commence déjà sa dissociation à l'état liquide; car ce liquide incolore jaunit déjà à 0° par suite de la formation de bioxyde d'azote AzO_2 ; à 150° le dédoublement en deux molécules de bioxyde d'azote est

parfait ($Az_2O_4 = 2Az\ O_2$). Même l'acide sulfurique H_2SO_4, cette molécule douée de propriétés acides si énergiques, se dissocie déjà à 40° à l'état liquide ; à la température de son point d'ébullition, il est entièrement dissocié en eau et anhydrite ($P_2SO_4 = H_2O + SO_3$).

Beaucoup de carbonates, dont le plus connu est le carbonate de chaux ($Ca\ CO_3 = CaO + CO_2$) et certains oxydes métalliques, tels que l'oxyde d'argent ($2Ag_2O = Ag_2 + O_2$), se dissocient à l'état solide, mais à des températures assez élevées. Il y a par contre certaines molécules gazeuses, et assez compliquées du reste, telles que l'acide phosphorique anhydre Ph_2O_5, qui résistent aux plus hautes températures connues.

Le phénomène de la dissociation est donc très varié ; mais, pour une molécule donnée, il se produit toujours à une température déterminée, et les quantités de chaleur absorbée sont constantes.

Il semble que la chaleur n'augmente pas seulement l'énergie vibratoire des atomes et des molécules, mais aussi leur énergie rotatoire. Car, pour qu'un atome ou groupe d'atomes demeure à l'état isolé, c'est-à-dire à l'état de dissociation, vis-à-vis d'autres atomes ou groupes, il lui faut une certaine énergie de rotation ; si cette énergie baisse au-dessous d'un point déterminé, il se produit infailliblement la combinaison chimique, dont les atomes ne peuvent plus se séparer avant que la perte d'énergie rotatoire leur soit restituée.

En admettant la théorie des tourbillons, une combinaison chimique doit être envisagée comme l'union de deux ou plusieurs tourbillons atomiques en un seul. L'affinité chimique est donc une propriété purement passive des atomes, un manque d'énergie pour sortir du tourbillon moléculaire. L'agent actif, c'est la pression de l'éther libre extérieur sur le tourbillon.

Dans les molécules, la rotation des atomes produit en quelque sorte deux effets opposés, suivant qu'elle réagit sur

l'éther environnant ou sur les atomes mêmes de la molécule. La réaction sur l'éther produit un vide plus ou moins parfait, cause de la pression de l'éther libre extérieur, tandis que la réaction réciproque des atomes tourbillonnant et gravitant à la manière de paires accouplées, produit une force centrifuge, force qui tend à séparer par projection tangentielle les atomes retenus dans le tourbillon moléculaire par la pression de l'éther. L'intensité de ces deux forces, quoique engendrées l'une et l'autre par la rotation des atomes, ne s'accroît pas d'une manière égale avec la vitesse de cette rotation. L'effet répulsif s'accroît plus rapidement que l'effet contraire et finit par déchirer la molécule à la température de dissociation.

Si, dans la lutte de ces deux forces opposées, l'attraction (1) prévaut, l'union des atomes dans les molécules, la combinaison chimique, se produit.

Cette force attractive s'oppose comme un frein à la rotation des atomes dans la molécule et la transforme en partie en chaleur. Il y a donc développement de chaleur, non seulement au moment de la formation des molécules par des atomes libres, mais chaque fois qu'une molécule lâchement groupée se condense.

Les molécules les plus stables seront celles qui auront développé le plus de chaleur pendant leur formation et dont les atomes sont les plus rapprochés, car pour les dissocier il faut leur rendre cette même quantité de chaleur.

Ce n'est point par pur hasard que les atomes qui ont une très grande affinité chimique sont caractérisés par un très grand volume atomique, c'est-à-dire, par un tourbillon très développé, conséquence de leur mouvement rotatoire énergique. Ce volume atomique a été déterminé pour le Potassium à 45,4, pour le Sodium à 23,7, pour le Rubidium

(1) Nous employons le mot *attraction*, pour désigner l'action de l'éther environnant, c'est-à-dire la pression, qui tend à rapprocher.

même à 56,1, tandis que pour le Bore il diminue jusqu'à 4,1 et pour le Carbone, jusqu'à 3,6.

Il est facile de comprendre que l'attraction moléculaire n'exerce son action qu'à une distance extrêmement petite, puisque cette action dépend de la grandeur du tourbillon atomique ou moléculaire; mais cela n'empêche pas que, dans cette petite sphère, se trouve condensée une énergie colossale proportionnelle à la rapidité prodigieuse avec laquelle l'atome tourne. Différentes considérations mènent à la conclusion que le diamètre d'un atome ne peut pas être plus grand que la millionième partie d'un millimètre, et pas plus petit que un cinquante-millionième de millimètre. En moyenne tout gaz qui répond à la règle d'Avogadro renferme au centimètre cube, à la température de 20° et à la pression d'une atmosphère, 21 quintillions de molécules. Un septillion 10^{24} de molécules d'hydrogène H_2 pèse donc environ 4 grammes.

Voici l'idée qu'on devrait se faire de la formation d'une molécule par deux atomes libres. Deux atomes doués d'une certaine somme de mouvement vibratoire et rotatoire s'approchent suffisamment pour que leurs tourbillons puissent s'unir ; de là un grand cataclysme, les atomes, ne pouvant plus sortir du tourbillon commun, sont rapprochés par la pression de l'éther extérieur et perdent par là nécessairement une partie de leur mouvement rotatoire. Cette partie se transforme en mouvement vibratoire, c'est-à-dire en chaleur. Mais dans la molécule il se formera un équilibre plus ou moins stable, les mouvements seront nécessairement complexes; il y aura rotation des atomes et rotation de la molécule entière à la manière des systèmes accouplés, il y aura un tourbillon général subdivisé en petits tourbillons causés par la rotation des atomes.

Qui pourrait tracer les mouvements intérieurs d'une de ces molécules organiques renfermant des centaines d'atomes, comme il en existe même à l'état de vapeur ? Quelle complexité et quelle harmonie ! Quelle vie ! Tout tourbillonne,

tout vibre, chaque atome décrit son petit orbite et la molécule entière se lance avec une vitesse de plusieurs centaines de mètres dans l'éther pour y tracer sa marche en forme de zigzag. Et 21 quintillions de ces petits mondes s'agitent dans un centimètre cube de vapeur !

Le phénomène de la combinaison chimique est en dernière analyse le rétablissement d'un équilibre à une température donnée. Cet équilibre devient d'autant plus stable que les atomes sont plus rapprochés dans la molécule. Il s'en suit que dans le cas où plusieurs molécules hétérogènes sont mises en contact, c'est la combinaison la plus dense, celle qui développe le plus de chaleur, qui se produit.

Il paraît que les atomes qui se ressemblent le moins, dont la forme et la vitesse du tourbillon diffèrent le plus, présentent la plus grande affinité. Nous voyons dans ce fait l'application de cette grande loi que tous les mouvements tendent à s'équilibrer, et avec d'autant plus d'énergie qu'ils sont eux-mêmes plus inégaux.

Les substances explosives, telles que les fulminates, les picrates, les produits de substitution de l'acide nitrique, etc., présentent dans leurs molécules un équilibre tellement instable que, pour le troubler, il suffit d'un rien, d'un simple choc; l'iodure et le chlorure d'azote détonent par le frôlement d'une barbe de plume. Les atomes se groupent tout d'un coup en combinaisons plus denses, de là l'énorme développement de chaleur et la force explosive, augmentée très souvent par le dégagement de produits gazeux, tels que l'azote.

Ces manières de voir sont pleinement confirmées par les résultats auxquels la thermochimie est arrivée dans les dernières années. Des expériences nombreuses et très précises ont démontré que le travail de l'affinité chimique peut être exactement mesuré par la chaleur qui se dégage au moment de chaque combinaison chimique. Cette quantité de chaleur est toujours constante, mais elle peut se

répartir sur un temps plus ou moins long selon que la combinaison se fait instantanément ou avec lenteur.

Le fait que la thermochimie a découvert un grand nombre de combinaisons *endothermiques*, c'est-à-dire de substances qui absorbent de la chaleur pendant leur formation, semble infliger un démenti sérieux à la thèse que nous venons de développer et selon laquelle toute combinaison produit de la chaleur.

Mais cette contradiction n'est qu'apparente, car nos mesures thermochimiques sont toutes relatives. En effet, il faut se rappeler que toutes nos opérations dans le calorimètre commencent par une décomposition des molécules élémentaires, décomposition qui nécessite une absorption de chaleur. Or, le calorimètre ne nous donne que le résultat final, c'est-à-dire la différence entre cette décomposition et la combinaison qui la suit.

Pour que nos mesures fussent absolues, il faudrait partir des atomes libres ou, du moins, connaître la chaleur de formation des molécules élémentaires. En déterminant, par exemple, la chaleur de formation des acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique, on a trouvé les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{lcrl} HCl & = & +\ 22000 & \text{calories,} \\ HBr & = & +\ 8400 & \text{»} \\ HI & = & -\ 6200 & \text{»} \end{array}$$

Tandis qu'on compte les acides chlorhydrique et bromhydrique parmi les combinaisons exothermiques, l'acide iodhydrique est une vraie combinaison endothermique. Mais le chiffre de — 6200 calories veut seulement dire que, pour séparer les molécules de l'hydrogène et de l'iode (H_2 et I_2), il faut 6200 calories de plus que n'en dégage la formation de deux molécules d'acide iodhydrique H I.

Ainsi, $H.\ H + I.\ I > H.\ I + H.\ I.$;
mais, $H.\ H + Br.\ Br. < H.\ Br. + H.\ Br,$
$H.\ H + Cl.\ Cl. < H.\ Cl. + H.\ Cl.$

Cette manière de voir est confirmée par la belle loi expérimentalement établie par M. Berthelot, à savoir, que toutes les réactions chimiques dans lesquelles n'intervient aucune énergie extérieure se passent selon le mode suivant lequel le développement de la chaleur est le plus grand. C'est un cas spécial de la loi de l'entropie de l'énergie, formulée par M. Clausius, loi d'après laquelle toute énergie tend à se transformer en chaleur.

Citons deux exemples entre mille :

$$(MCl_2Aq) + (SH_2Aq) \gtrless (MS) + 2(HCl\,Aq).$$

Si la chaleur développée est plus grande à droite, la réaction se fait dans ce sens (précipitation des sulfures) ; dans le cas contraire le sulfure est décomposé par l'acide chlorhydrique dilué.

$$(MClAq) \gtrless (HClAq)\ (39\ 300 \text{ calories}).$$

Tous les métaux dont les chlorures développent pendant leur formation plus de 39 300 calories (à calculer sur 1 HCl), décomposent l'acide chlorhydrique dilué. Dans cette catégorie se groupent la plupart des métaux, tandis que le cuivre, l'argent, l'or, le plomb, le mercure et le thallium ne sont pas attaqués par cet acide, parce que leurs chlorures développent moins de 39 300 calories.

Il résulte de tout ce que nous avons dit de l'affinité chimique, que la chaleur qui se dégage pendant la combinaison donne la mesure exacte de l'affinité chimique. Elle nous offre un moyen sûr de déterminer d'avance le résultat final d'une réaction chimique, et elle remplace les idées plus ou moins vagues qu'on avait autrefois sur l'affinité par la mesure du travail exécuté par les atomes.

Au point de vue de son importance pour le développement des connaissances chimiques, le calorimètre est un instrument qui peut revendiquer avec justice une place à côté de la balance.

Valence ou atomicité. La capacité de combinaison des divers éléments avec l'hydrogène est très inégale. Nous connaissons en effet les combinaisons suivantes :

I	II	III	IV
Fl H	O H_2	Az H_3	C H_4
Cl H	S H_2	Ph H_3	Si H_4
Br H	Se H_2	As H_3	
I H	Te H_2	Sb H_3	

Cette capacité, qui est mesurée par le nombre d'atomes d'hydrogène avec lesquels les éléments peuvent se combiner directement, s'appelle valence ou atomicité.

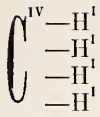
Un regard sur le tableau des éléments (voir p. 11) nous démontre que la valence aussi est une fonction périodique du poids atomique.

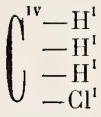
On distingue des atomes mono—, bi—, trivalents, et ainsi de suite ; cela veut dire, qu'un atome déterminé se combine au maximum avec 1, 2, 3... atomes d'hydrogène. Les atomes, en se combinant, épuisent réciproquement leurs affinités.

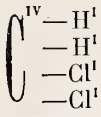
Un atome monovalent n'épuise, par sa combinaison avec un atome tétravalent, qu'une affinité de ce dernier, les trois autres restent parfaitement intactes. Un atome bivalent en épuise deux, et ainsi de suite. Pour que l'atome tétravalent soit parfaitement saturé, il faut lui offrir quatre affinités. Au point de vue de la valence, il est complètement indifférent que les affinités soient saturées par un atome tétravalent, deux atomes bivalents, quatre atomes monovalents. La qualité de ces atomes n'importe pas davantage.

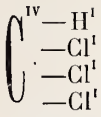
Ainsi les quatre affinités du carbone sont également satisfaites dans les dix combinaisons suivantes (1) :

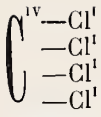
(1) Les chiffres romains signifient la valence totale d'un atome, et les traits l'unité de l'affinité.

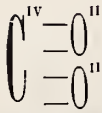

Gaz des marais

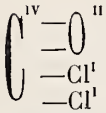

Chlorure de méthyle


Chlorure de méthylène


Chloroforme

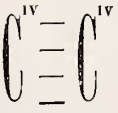

Tétrachlorure de carbone


Acide carbonique anhydre

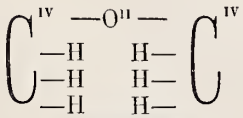

Acide chloro-oxycarbonique

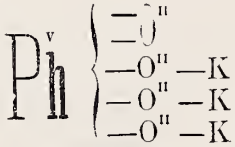
Sulfure de carbone

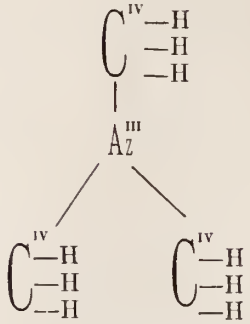
Acide cyanhydrique


Molécule de carbone

Il n'est pas non plus nécessaire que *toutes* les affinités de deux atomes se saturent mutuellement. Elles peuvent se neutraliser seulement en partie et conserver ainsi de part et d'autre des affinités libres, qui pourront être saturées par des atomes nouveaux et former de la sorte des molécules plus complexes. Les nouveaux atomes à leur tour peuvent présenter la même disposition, et l'on arrive ainsi à des groupes enchaînés d'une longueur indéfinie, dans lesquels les atomes polyvalents fonctionnent comme des anneaux retenant les différents groupes.


Éther méthylique


Phosphate de potasse tribasique



Triméthylamine

Dans l'éther myricilique,

$$\begin{matrix}(C_{30}H_{61})^{I} - \\ (C_{30}H_{61})^{I} -\end{matrix} O^{II}$$

un seul atome d'oxygène réunit deux chaînes d'une longueur de 30 atomes de carbone, tandis que dans le tricétylamine,

$$\begin{matrix}(C_{16}H_{33})^{I} - \\ (C_{16}H_{33})^{I} - \\ (C_{16}H_{33})^{I} -\end{matrix} Az^{III}$$

trois groupes de 49 atomes chacun sont soudés au moyen des trois affinités de l'azote.

Mais c'est de préférence l'atome d'oxygène qui, avec une quasi-avidité, joue ce rôle de chaînon. Partout où l'occasion se présente et où les conditions de stabilité de la molécule le permettent, nous le voyons échanger ses deux affinités avec deux atomes distincts plutôt qu'avec un seul.

Les plus connues de ces combinaisons sont les oxysels,

où un métal est soudé au moyen de l'oxygène à un radical (1) négatif, par exemple :

$$(AzO_2)^{I}-O^{II}-K^{I}$$

Nitrate de potasse

$$(SO_2)^{II}\begin{matrix}-O^{II}-\\-O^{II}-\end{matrix}Ba^{II}$$

Sulfate de baryte

$$(PhO)^{III}\begin{matrix}-O^{II}-K^{I}\\-O^{II}-K^{I}\\-O^{II}-K^{I}\end{matrix}$$

Phosphate de potasse tribasique

$$(C_{10}H_2O_4)^{IV}\begin{matrix}-O^{II}-Ba^{II}\\-O^{II}-Ba^{II}\end{matrix}$$

Mellophanate de baryte.

$$(C_{12}O_6)^{VI}\begin{matrix}-O^{II}-Al^{III}\\-O^{II}-Al^{III}\\-O^{II}-Al^{III}\end{matrix}$$

Mellithate d'alumine

La constitution des éthers ne diffère de celle des sels de la chimie minérale qu'en ce que le métal du sel est remplacé par un radical organique positif, dit radical alcoolique.

$$(AzO_2)^{I}-O^{II}-(C_2H_5)^{I}$$

Nitrate d'éthyle

$$\begin{matrix}(AzO_2)^{I}-O^{II}-\\(AzO_2)^{I}-O^{II}-\\(AzO_2)^{I}-O^{II}-\end{matrix}(C_3H_5)^{III}$$

Nitroglycérine

$$(PhO)^{III}\begin{matrix}-O^{II}-(C_7H_7)^{I}\\-O^{II}-(C_7H_7)^{I}\\-O^{II}-(C_7H_7)^{I}\end{matrix}$$

Phosphate de benzyle.

(1) On appelle *radical* un groupe d'atomes ayant une ou plusieurs affinités libres, ou non saturées. Sa valence est déterminée par le nombre d'affinités libres.

Cependant les éthers dits neutres peuvent être considérés comme deux radicaux alcooliques enchaînés par l'oxygène; ainsi :

$(C_2H_5)^{I}—O^{II}—(C_2H_5)$
Éther éthylique.

$(C_2H_5)^{I}—O^{II}—(C_5H_{11})^{I}$
Éther amyléthylique.

$(C_{30}H_{61})^{I}—O^{II}—(C_{30}H_{61})^{I}$
Éther myricilique.

Les acides dérivent des sels, en tant que le métal de ces derniers est remplacé par l'hydrogène. Les propriétés physiques de l'hydrogène à l'état condensé et sa nature chimique militent en faveur de sa nature métallique, de façon qu'on pourrait bien désigner les acides par le nom d'hydrosels.

$(Az\,O_2)^{I}—O^{II}—H^{I}$
Acide nitrique.

$(SO_2)^{II}\begin{array}{l}—O^{II}—H\\—O^{II}—H\end{array}$
Acide sulfurique

$(P_h\,O)^{III}\begin{array}{l}—O^{II}—H\\—O^{II}—H\\—O^{II}—H\end{array}$
Acide phosphorique

$(C_{12}O_6)^{VI}\begin{array}{l}—O^{II}—H\\—O^{II}—H\\—O^{II}—H\\—O^{II}—H\\—O^{II}—H\\—O^{II}—H\end{array}$
Acide mellithique

Lorsque dans les sels ou dans les éthers on remplace le radical négatif par un nombre équivalent d'atomes d'hydrogène, on arrive aux bases hydratées et aux alcools.

$K^{I}—O^{II}—(Az\,O_2)^{I}$ . . . . . $K^{I}—O^{II}—H^{I}$
Nitrate de potasse. Hydrate de potasse.

$$\begin{matrix} Ba^{II} - O^{II} \\ Ba - O^{II} \end{matrix} - (SO_2)^{II} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \begin{matrix} Ba^{II} - O^{II} - H^{I} \\ Ba - O^{II} - H^{I} \end{matrix}$$

Sulfate de baryte. Hydrate de baryte.

$$(C_2H_5)^{I} - O^{II} - (C_2H_3O)^{I} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (C_2H_5)^{I} - O^{II} - H$$

Acétate d'éthyle. Alcool éthylique.

$$(C_3H_5)^{III} \begin{matrix} -O^{II} - (C_{18}H_{35}O)^{I} \\ -O^{II} - (C_{18}H_{35}O)^{I} \\ O^{II} - (C_{18}H_{35}O)^{I} \end{matrix} \quad . \quad . \quad . \quad (C_3H_5)^{III} \begin{matrix} -O^{II} - H \\ -O^{II} - H \\ -O^{II} - H \end{matrix}$$

Tristéarate de glycérine. Glycérine.

Enfin c'est uniquement dans le groupe des *anhydrides*, acides ou basiques, que nous voyons l'oxygène renoncer à son mode de combinaison favori. Dans ces corps l'oxygène s'unit par ses deux affinités à un seul atome polyvalent ; mais la tendance de cet élément à souder deux atomes distincts est tellement grande, que la simple présence de l'eau suffit pour décomposer la plupart de ces corps :

$$(SO_2)^{II} - O^{II} + H_2O = (SO_2)^{II} \begin{matrix} -O^{II} - H \\ -O^{II} - H \end{matrix}$$

$$Ca^{II} - O^{II} + H_2O = Ca^{II} \begin{matrix} -O^{II} - H \\ -O^{II} - H \end{matrix}$$

Quand l'affinité des anhydrides pour l'eau n'est pas assez grande pour scinder la molécule d'eau, l'oxygène amène des groupements plus condensés, en enchaînant entre elles les diverses molécules (polymérisations). En effet la plupart des anhydrides, surtout les oxydes métalliques, présentent des propriétés qui nous forcent à les regarder comme molécules polymérisées. Les formules chimiques que nous leur donnons ne sont que des formules minima.

Pour l'acide silicique anhydre, par exemple, il faudrait écrire, au lieu de SiO_2, $n(SiO_2)$; pour l'oxyde de zinc n (ZnO), au lieu de ZnO,

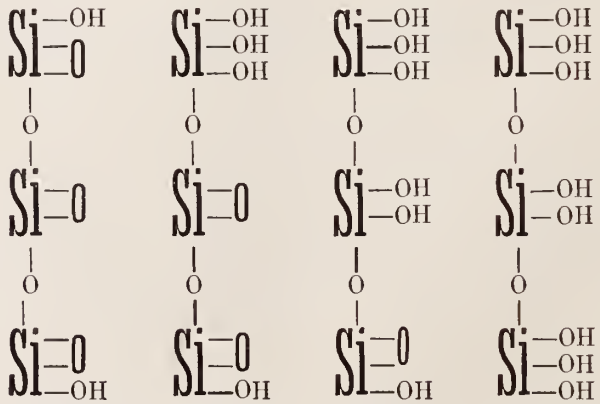
soit par exemple :

$$\begin{array}{ccccccc} SiO^{II} & — & O & — & SiO^{II} & — & O & — & SiO^{II} \\ | & & & & & & | \\ O & & & & & & O \\ | & & & & & & | \\ SiO^{II} & — & O & — & SiO^{II} & — & O & — & SiO^{II} \end{array}$$

et non $SiO^{II} = O^{II}$

Dans cette catégorie se rangent aussi la plupart des hydrates basiques, et des acides hydratés condensés, ainsi que la grande série des sels basiques. Les exemples les plus frappants nous sont fournis par les carbonates basiques et la multitude presque infinie des polysilicates qui peuplent nos cabinets minéralogiques. Les acides polysiliciques varient d'une part par une polymérisation plus ou moins grande des molécules d'acide silicique, et d'autre part par une déshydratation plus ou moins complète. Celle-ci détermine la basicité de ces acides.

Ainsi la théorie prévoit, abstraction faite des isoméries, quatre différentes formes pour l'acide trisilicique seul :



bibasique, tétrabasique, hexabasique, octobasique.

Ces acides trouvent leurs analogues dans les différents acides phosphoriques et tungstiques. L'on connaît des sels des acides mono—, bi—, tri—, tétra—, hepta— et même dodécatungstiques.

Tout cela nous prouve que, sauf les combinaisons directes entre deux éléments, telles que les chlorures, bromures, iodures, etc., la grande variété des substances qui se présentent dans les combinaisons inorganiques résulte surtout de la tendance extrême de l'oxygène à neutraliser sa double affinité en s'unissant à deux atomes différents. Cette tendance appartient également, mais à un moindre degré, à ses congénères, le soufre, le sélénium et le tellure.

En outre, l'oxygène tend surtout à réunir deux atomes ou radicaux de qualité opposée, c'est-à-dire, l'un positif et l'autre négatif. C'est à cette tendance que nous devons la grande diversité et le caractère nettement marqué des combinaisons oxygénées.

On pourrait se demander si les atomes d'oxygène ne peuvent pas s'enchaîner mutuellement et former ainsi des chaines exclusivement composées de cet élément? Ces enchaînements existent dans les peroxydes, tels que l'eau oxygénée, le bioxyde de baryum, etc., mais ils sont très instables et une énergie minime suffit pour les rompre.

Par contre, il y a un élément qui se constitue volontiers en ces sortes de chaînes. Celles-ci peuvent prendre une longueur énorme et affecter toutes les formes imaginables. Il en résulte nécessairement une multitude presque infinie de combinaisons. Cet élément, c'est le carbone, atome tétravalent.

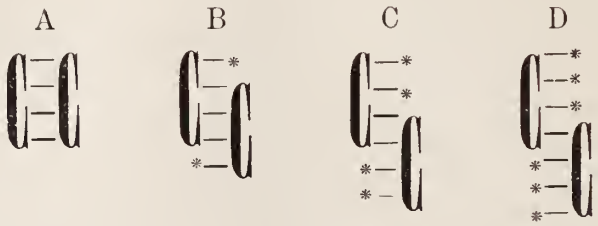
Cette faculté qui n'appartient guère qu'à lui, et le nombre presque infini d'unions qui peuvent en résulter, ont obligé les chimistes de traiter ses combinaisons dans une section à part.

Cette section carbonique s'appelle *chimie organique*.

Toute molécule quelconque renfermant du carbone qu'elle soit née dans une cellule appartenant au monde dit

organique végétal ou animal, ou qu'elle sorte de la cornue du chimiste, s'appelle en chimie *molécule organique*.

Deux atomes de carbone peuvent se souder de quatre manières différentes et on obtient ainsi un groupe C_2 qui présente zéro, deux, quatre ou six valences disponibles (1) :



Les affinités libres peuvent être saturées par les affinités de n'importe quel autre élément ou *radical*, suivant la loi générale de la valence que nous avons exposée plus haut.

Dans l'étude des combinaisons organiques, il ne suffit donc pas de se contenter de la composition globale des molécules, et de vouloir les caractériser par le nombre d'atomes qu'elles renferment ; il faut en outre se rendre compte de la manière dont les affinités des atomes s'épuisent mutuellement dans la molécule.

La connaissance de cette structure interne, c'est-à-dire de la constitution des molécules, s'obtient principalement au moyen de décompositions et de recompositions successives de ces molécules. On en étudie les parties et on les soude successivement l'une à l'autre à telle place que l'on veut.

Il n'y a pas longtemps encore que la plupart des chimistes niaient la possibilité de jamais reconnaître l'arrangement des atomes dans la molécule, et traitaient les essais de ce

(1) Les affinités libres sont désignées par des astérisques.

genre de spéculations oiseuses, n'ayant aucune base scientifique. Le progrès de ces derniers temps leur a donné tort, car le grand développement qu'a pris de nos jours la chimie repose principalement sur l'étude de cette constitution moléculaire.

Ces études, tout d'abord purement scientifiques, ont déjà réagi sur l'industrie ; c'est ainsi qu'en permettant la synthèse de beaucoup de couleurs organiques, elles ont amené dans cette branche industrielle une révolution complète et lui ont donné un développement prodigieux. Ce progrès continuera. En ce moment l'on travaille activement, et non sans succès, à dévoiler la constitution interne des bases alcaloïdes, telles que la morphine, la quinine, etc., et il n'y aura pas lieu de s'étonner si un jour on réussit à fabriquer industriellement ces corps précieux par des procédés synthétiques, analogues à ceux qui président à la fabrication des couleurs d'aniline.

La fabrication de l'indigo à l'aide des produits du goudron, fruit tout récent des recherches scientifiques du professeur Bayer de Munich, est un fait qui aura peut-être une portée immense pour les pays tropicaux, producteurs de l'indigo végétal.

En théorie, toutes les molécules organiques peuvent être composées par synthèse artificielle, et il ne serait pas impossible d'arriver à la fabrication de l'albumine en se passant de l'organisme végétal. Celui qui réussira à le faire économiquement sera un des plus grands bienfaiteurs de l'humanité.

Mais nous sommes encore bien loin de là. Les albumines, à cause de la complexité extrême de leur structure moléculaire et de la quantité infinie de leurs isoméries possibles, se montrent tellement rebelles à l'étude chimique, qu'on n'est pas même encore parvenu à en isoler avec certitude les différentes variétés.

De toutes les recherches sur la constitution moléculaire des corps organiques, celle des albumines est de loin la plus difficile.

L'étude de la constitution moléculaire n'a pas seulement profité à la chimie industrielle, elle a eu une plus grande portée encore au point de vue scientifique. C'est ainsi que, grâce à elle, il a été possible de mettre de l'ordre dans l'immense chaos des combinaisons organiques.

Pour ne fournir qu'un seul exemple du nombre immense de celles-ci, nous rappelons que le nombre des éthers qui théoriquement peuvent résulter de la combinaison de la glycérine, alcool triatomique, avec des groupes variés de mille acides différents, atteint le chiffre énorme de 167 millions. Dans ce calcul on ne tient pas compte des anhydrides, des polyglycérides, des amides, etc.

Si un alcool triatomique peut former tant de combinaisons différentes, combien n'en pourrait pas former un alcool hexatomique, tel que la mannite?

Nous avons complètement laissé de côté les cas d'isomérie, où les molécules renferment un même nombre d'atomes, mais dans un groupement différent. Pour un hydrure de carbone, de la formule $C_6 H_6$ par exemple, la théorie admet dans les quatre-vingts isomères possibles, et le nombre d'isomères s'accroît rapidement avec la quantité d'atomes renfermés dans la molécule.

D'après cela, les isoméries possibles d'une molécule de la composition de l'albumine, dont la formule minima est représentée d'après Schutzenberger par $C_{240} H_{392} Az_{65} O_{75} S_3$, soit ensemble 775 atomes, doivent être littéralement innombrables.

Quel esprit humain serait capable de retenir même les noms de toutes ces molécules organiques, et comment pourrait-on seulement songer à aborder l'étude de ce chaos moléculaire, fourmillant d'isomères, si on n'avait pas trouvé un principe de classification ?

Ce principe magique qui déchiffre tous ces hiéroglyphes de la chimie organique, nous a été donné dans l'idée de la valence et dans la loi de l'enchaînement des atomes du carbone, loi qui a été énoncée pour la première fois par

Kékulé. C'est, avant tout, à la découverte de cette loi que sont dus les progrès de la chimie moderne.

On peut se représenter les molécules organiques comme possédant une charpente formée d'un nombre plus ou moins considérable d'atomes de carbone, enchaînés de la manière la plus diverse.

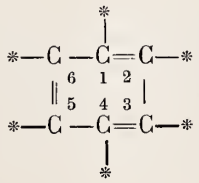
Ce squelette de carbone constitue la base d'une classification générale.

Toutes les molécules organiques se divisent en deux grandes classes, suivant qu'elles contiennent une chaîne carbonique *fermée* sous forme d'anneau, ou une chaîne *ouverte*.

Cette dernière classe n'est autre que la série des *corps gras*. Les enchaînements peuvent être plus ou moins denses (voir p. 32, fig. B, C et D) et montrer toutes les formes imaginables de chaînes ouvertes, embranchées ou non.

Les molécules qui renferment une chaîne carbonique annulaire, appartiennent à la première classe. Une forme bien répandue, c'est l'anneau de Benzol C_6. Il est constitué par six atomes de carbone, réunis de telle sorte qu'il y a encore six affinités libres, égales entre elles.

D'après Kékulé, l'enchaînement des atomes dans cet anneau s'exprime graphiquement de la manière suivante (1).

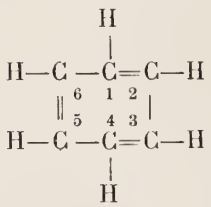


(1) Les formules chimiques dites de structure sont le mode le plus simple pour exprimer graphiquement les relations entre les atomes d'une molécule, relations qui se traduisent par les propriétés chimiques de cette dernière. Mais nous ne prétendons pas que ces formules représentent la vraie position relative des atomes dans la molécule.

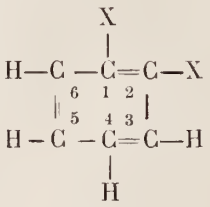
Toutes les combinaisons qui renferment cet anneau appartiennent à la classe des *corps aromatiques*.

Chaque affinité libre de cet anneau peut introduire dans la molécule un autre atome ou un radical, constitué en forme de chaîne ouverte ou d'anneau, des formes les plus diverses. De là une infinité de combinaisons et d'isoméries. Il est inutile de dire que cet enchaînement annulaire donne vis-à-vis des agents chimiques au noyau benzolique une certaine stabilité, dont ne jouissent pas les chaînes ouvertes.

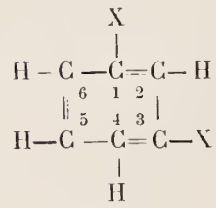
Remarquons aussi que, bien que les six affinités libres de l'anneau de benzol soient parfaitement identiques, il peut résulter des produits isomériques par cela seul que les éléments de saturation X occupent des places relatives différentes (1) :



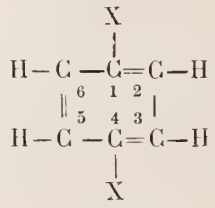
Benzine



Orthodérivés
(position 1, 2)



Métadérivés
(position 1, 3)



Paradérivés
(position 1, 4)

(1) La préparation industrielle de quelques corps aromatiques tels que certaines couleurs, l'acide salycilique, etc., présente parfois de grandes difficultés à cause de ces ortho-, méta- et paradérivés, qu'on obtient ordinairement ensemble et qu'il est difficile d'isoler de leur mélange.

Ceci fait augmenter considérablement le nombre des substances isomères dans la série aromatique.

Quoique le principe de la valence ait eu sa plus importante application dans la chimie organique, il n'a pas tardé à féconder et à réorganiser l'étude de la chimie minérale. Il y a bouleversé l'ancien système et les idées dualistes sur la constitution des sels, des acides et des bases, qui y régnaient autrefois et qui s'y maintiennent encore çà et là avec une ténacité inouïe.

Ce système trouvait son expression dans des formules binaires telles que

$$H:O\ ,\quad K:O.HO\ ,\quad SO_3.HO\ ,\quad KO.SO_3.$$

tandis que nous écrivons :

$$H_2O\ ,\quad KHO\ ,\quad H_2SO_4\ ,\quad K_2SO_4.$$

La notion de la valence est très simple, et on s'étonnera peut-être, en lisant l'histoire de la chimie, de voir qu'il ait fallu le travail et la lutte acharnée d'un siècle presque entier pour arriver à cette idée précise, pour distinguer la molécule de l'atome et l'atome de l'équivalent. Dans cette lutte, on a même failli perdre complètement l'idée de l'atome, telle que Dalton l'avait introduite dans la science. En effet, Gmelin et son école se servaient des symboles atomiques seulement pour exprimer de simples relations quantitatives. C'est à Laurent, à Gerhardt et à Dumas que nous devons le rétablissement de l'idée de l'atome.

Il était naturel qu'on regardât la valence, qui avait jeté tant de lumière dans l'étude des combinaisons organiques, comme une propriété essentielle et immédiate des atomes, réfractaire à tout changement ; et on se donna toutes les peines possibles pour prouver que, pour un seul et même atome, cette valence était toujours constante.

Certainement il a pu sembler désirable que ces tentatives fussent couronnées de succès ; mais il faut avouer que l'hypothèse d'une valence constante ne peut plus se soute-

nir devant des faits nombreux observés dans les dernières années. Examinons cette question de plus près.

La valence d'un atome relativement à l'hydrogène est toujours constante ; elle nous sert de mesure. Ainsi,

Fl, Cl, Br, et I	sont	monovalents,
O, S, Se, et Te	»	bivalents,
Az, Ph, As, et Sb	»	trivalents,
C et Si	»	tétravalents.

Mais cette constance n'a pas lieu relativement aux éléments halogènes, ainsi que le démontre le tableau suivant :

$^{III}PhCl_3$	$^{II}SCl_2$	^{I}ICl
$^{V}PhCl_5$	$^{IV}SCl_4$	$^{III}ICl_3$
$^{V}PhFl_5$		$^{V}ICl_5$

Il en est de même pour les combinaisons avec l'oxygène ;

^{II}AzO	$^{IV}SO_2$	$^{I}Cl_2O$
$^{III}Az_2O_3$	$^{VI}SO_3$	$^{III}Cl_2O_3$
$^{IV}AzO_2$		$^{V}I_2O_5$
$^{V}Az_2O_5$		$^{VII}I_2O_7$

Pour expliquer ces anomalies et beaucoup d'autres, les partisans de la valence constante distinguent trois sortes de combinaisons : les molécules non saturées, les molécules saturées ou normales, et les molécules sursaturées ou les additions moléculaires.

Les combinaisons avec l'hydrogène leur servent à reconnaître la vraie valence d'un élément.

A. *Molécules non saturées.* Elles disposent d'affinités libres, qui se saturent avec facilité lorsque l'occasion se présente. Les plus connues sont l'oxyde de carbone $C\overset{=O}{=}$ et l'oxyde d'azote $Az\overset{=O}{-}$.

Il faut toujours se rappeler que l'énergie des affinités libres doit, pour que la saturation se fasse, être assez forte pour rompre la molécule dont les atomes doivent entrer dans la combinaison.

L'oxyde de carbone ne possède pas à la température ordinaire cette énergie vis-à-vis de la molécule d'oxygène O_2 ; par contre, le protoxyde d'azote AzO la possède à un degré éminent ; aussi ce dernier accapare-t-il l'oxygène libre partout où il le rencontre.

B. *Molécules normales.* Pour ranger dans cette catégorie le plus grand nombre possible de combinaisons, on est forcé, surtout pour les combinaisons oxygénées, de supposer des chaînes plus ou moins longues, constituées par les atomes d'un seul élément ; ainsi,

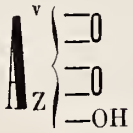
$$O{=}\overset{III}{Az}{-}O{-}O{-}H \text{ acide nitrique,}$$
$$\overset{I}{Cl}{-}O{-}O{-}O{-}O{-}H \text{ acide perchlorique,}$$
$$H{-}O{-}\overset{II}{S}{-}O{-}O{-}O{-}H \text{ acide sulfurique.}$$

La stabilité de ces oxydes, qui est d'autant plus grande qu'il y a plus d'atomes d'oxygène dans la combinaison, et l'existence de quelques-uns de leurs hydrates à l'état de solution forment de graves objections à cette manière de voir. On sait que, tout au contraire, les peroxydes dans lesquels ces enchaînements existent certainement sont très peu stables.

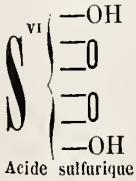
Bien plus, le periodate d'argent et de soude avec 5 atomes de métal ne saurait s'expliquer par un enchaînement des atomes d'oxygène tel que

$$I{-}O{-}O{-}O{-}O{-}O{-}O{-}I.$$

Pour ces motifs, et pour d'autres encore que nous développerons plus loin, nous préférons admettre dans ces combinaisons une valence supérieure et écrire :

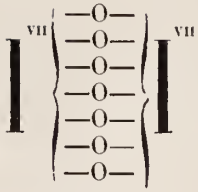


Acide nitrique

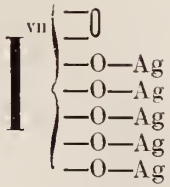


Acide sulfurique

Acide perchlorique



Anhydride d'acide periodique



Periodate d'argent

C. *Additions moléculaires.* On est forcé d'admettre que les atomes des molécules même saturées exercent cependant encore une influence sur les atomes d'une autre molécule ; sinon une double décomposition ne pourrait jamais se faire. Cette influence se manifeste d'abord dans une attraction des molécules, et il peut se faire que l'attraction des atomes ne soit pas assez forte pour troubler l'équilibre des molécules, mais bien pour accoupler deux molécules.

Ces couples s'appellent *additions moléculaires.* Il est hors de doute qu'ils existent de fait à l'état liquide et à l'état solide.

L'on a voulu trouver dans ces couples un moyen de concilier l'existence des combinaisons sursaturées avec la doctrine des valences constantes, et l'on a considéré le pentachlorure de phosphore comme un couple d'une molécule de trichlorure et d'une molécule de chlore.

De même,

$$PhCl_5 = PhCl_3 + Cl_2$$
$$SCl_4 = SCl_2 + Cl_2$$
$$ICl_3 = ICl + Cl_2$$
$$IFl_5 = IFl + Fl_2 + Fl_2.$$

De même encore, tous les sels ammoniacaux étaient regardés comme des accouplements d'une ou de plusieurs molécules d'ammoniaque avec un acide libre.

Ainsi,

$$Az\,H_4\,Cl = Az\,H_3 + HCl$$
$$(Az\,H_4)_2\,SO_4 = Az\,H_3 + Az\,H_3 + H_2\,SO_4.$$

Pour appuyer cette hypothèse, on alléguait ce fait que toutes ces conjugaisons ou additions moléculaires, et surtout les sels ammoniacaux, n'existent pas à l'état de vapeurs et se dédoublent à une certaine température dans leurs molécules primaires.

Mais cette assertion n'est pas absolument exacte ; en effet, au commencement de l'essai de vaporisation il existe dans la vapeur des molécules gazeuses effectives de pentachlorure de phosphore, de tétrachlorure de soufre, etc. ; ce n'est que successivement, avec l'augmentation progressive de la température, que le dédoublement a lieu.

Nous pouvons donc n'être ici qu'en présence d'un simple phénomène de dissociation. En effet, il existe tout aussi bien des combinaisons véritablement atomiques, telles que l'acide sulfurique H_2SO_4 et l'acide nitrique $HAzO_3$, qui se dissocient à la température de l'ébullition.

Bien plus, l'existence du pentafluorure de phosphore $Ph\ Fl_5$, qui est gazeux à la température ordinaire, prouve à l'évidence la pentavalence du phosphore dans cette combinaison.

Enfin le Tungstène, le Molybdène et le Vanadium ont des combinaisons chlorées qui ne peuvent guère s'expliquer par une addition moléculaire ; telles sont :

$$Tu\ Cl_4,\quad Tu\ Cl_5 \text{ et } Tu\ Cl_6,$$
$$Vd\ Cl_3,\quad Vd\ Cl_4 \text{ et } Vd\ O\ Cl_3.$$

D'autre part, certaines combinaisons organiques nous *forcent* à attribuer aux atomes d'azote, de soufre et d'iode une valence supérieure à la normale. Ces combinaisons ne sauraient en effet être regardées comme additions moléculaires. Tel est l'oxyhydrure de tétraméthylammonium $(CH_3)_4\ Az^V\ OH$.

D'après les propriétés de ce corps, il serait absurde de le regarder comme un accouplement moléculaire de triméthylamine et d'alcool méthylique $(CH_3)_4Az^{III}OH = (CH_3)_3\ Az + CH_3.OH$.

Pour être conséquent, il faudrait encore considérer l'oxyhydrure de triéthylsulfine $(C_2H_5)_3 S.^{IV}OH$, comme une conjugaison de sulfure d'éthyle et d'alcool éthylique $(C_2H_5)_3 S^{II}.OH = (C_2H_5)_2S + C_2H_5OH$. Enfin le triacétate d'iode $(C_2H_3O)_3 I^{III}$ serait un accouplement d'iodure d'acétyle et de diacétyle : $(C_2H_3O)_3 I^{I} = (C_2H_3O) I^{I} + (C_2H_3O)_2$.

Or, d'après les notions les plus élémentaires que nous avons sur les réactions de ces corps, il est de toute évidence que ces explications sont inadmissibles.

Notons que ces corps ne sont pas isolés, mais ils existent par milliers, présentant des groupes et des séries très variées.

Tout ceci prouve que la valence d'un atome est une propriété qui ne demeure pas constante. Cette valence varie, non seulement par rapport aux différents atomes, de manière qu'on pourrait parler d'une valence pour l'hydrogène, pour les éléments halogènes, pour l'oxygène et ainsi de suite ; mais elle varie aussi selon les conditions extérieures par rapport à un seul et même atome.

Si, par exemple, nous augmentons la température du pentachlorure de phosphore, ce composé abandonne deux atomes de chlore, et le phosphore devient trivalent ; si la température baisse, le trichlorure reprendra ces deux atomes de chlore pour redevenir pentavalent.

Dans la triacétamide $Az^{III}\left\{\begin{matrix} C_2H_3O \\ C_2H_3O \\ C_2H_3O \end{matrix}\right.$ l'azote est trivalent, dans la triéthylamine $Az^{V}\left\{\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \\ C_2H_5 \\ * \\ * \end{matrix}\right.$ ce même atome est pentavalent, quoique dans les deux combinaisons les affinités de l'azote soient saturées par les mêmes atomes de carbone. Notons que, dans le triéthylamine, les deux affinités que l'azote possède en plus sont facilement saturées par les acides pour former des sels de triéthylamine.

Il existe même des molécules renfermant deux atomes

d'un même élément, mais d'une valence différente ; tel est le cyanate d'ammoniaque :

$$Az^{III}\ C - O - Az^{V}\ H_4.$$

La valence d'un atome varie donc suivant les éléments avec lesquels il est uni, et suivant certaines conditions extérieures, telles que la température. Enfin la détermination de la valence peut se rattacher quelquefois à la nature même du groupement moléculaire entier.

Quelle est en dernière analyse l'idée qu'on doit se faire de la valence? Les différentes affinités sont-elles autant de centres d'attraction préexistant dans l'atome, ou sont-elles simplement l'expression de la grandeur totale d'une force unique?

Ainsi, par exemple, quatre pièces du poids d'un kilogramme peuvent tout aussi bien être attirées chacune individuellement par un des quatre pôles de deux aimants croisés, que par le pôle unique d'un aimant quatre fois plus fort.

Si l'on part de l'hypothèse des tourbillons, il faudrait admettre qu'il existe dans l'atome autant de tourbillons secondaires que cet atome présente de valences. Ces tourbillons secondaires dépendent de l'arrangement des particules dans l'atome. La variation de la valence serait provoquée par un changement dans le groupement des particules, comparable au groupe C_2, qui peut fonctionner comme nous avons vu (page 32) avec 2, 4 ou 6 valences.

D'un autre côté, il faut se rappeler que toute combinaison chimique résulte de la tendance des atomes à produire un équilibre stable. Cet équilibre ne se produit pas seulement dans la vitesse relative du mouvement de rotation des atomes (énergie de l'affinité), mais aussi dans leur groupement.

Entre atomes égaux les accouplements un à un formeront les groupes les plus stables. Nous comprenons ainsi

l'instabilité de l'ozone O_3 comparativement à l'oxygène ordinaire groupé en O_2. Cette forme binaire est celle qu'affecteront de préférence les molécules aux températures très élevées, où leurs mouvements et leurs chocs sont très brusques et nécessitent une grande stabilité de la molécule.

En effet l'expérience prouve qu'à de hautes températures toutes les molécules se résolvent en groupes de deux atomes.

Les formes d'équilibre sont plus compliquées lorsqu'il s'agit d'atomes hétérogènes. Ainsi l'azote trouve son équilibre le plus stable en s'accouplant avec 3 atomes d'hydrogène, le carbone avec 4 atomes d'hydrogène, et ainsi de suite.

Des recherches minutieuses sur les isoméries des combinaisons organiques nous font supposer que les 4 affinités du carbone se distribuent symétriquement dans l'espace comme les 4 coins d'un tétraèdre. Enfin, on a trouvé que, lorsqu'un élément forme plusieurs combinaisons avec un autre, chaque atome qui entre successivement dans la molécule produit moins de chaleur que le précédent.

2 (AzO)	O	donne	+	21000	calories,
(Az_2O_3)	O	«	+	17000	«
2 (AzO_2)	O	«	+	4000	«

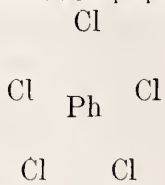
Malgré cette différence dans le développement du calorique, on prouve par la comparaison des isoméries que les atomes ainsi rentrés successivement occupent finalement dans la molécule la même place relative.

Si, par exemple, le trichlorure de phosphore se combine avec 2 atomes de chlore, il se produit un nouvel état d'équilibre. Les 5 atomes de chlore se répartissent uniformément autour du phosphore et, la chaleur de combinaison de ces derniers atomes de chlore étant moindre, il faut en conclure que les deux nouveaux atomes de chlore, se

mettant en rapport avec le phosphore, n'ont pu se rapprocher autant que les trois premiers. Par contre, ces derniers se sont légèrement éloignés du phosphore central, jusqu'à prendre avec les atomes nouveau venus une position équidistante.

Trichlorure de phosphore

Pentachlorure de phosphore



à même température.

Cet équilibre nouveau et plus compliqué du pentachlorure de phosphore ne peut se produire qu'à une température peu élevée, où les atomes et les molécules ont moins d'énergie rotatoire et où la répulsion des premiers est moins forte. Si par l'effet d'une augmentation de température cette répulsion augmente, la pression de l'éther environnant ne saurait plus la contrebalancer. Deux atomes de chlore seront lancés hors du groupe et le premier équilibre se produira.

Le fait que la valence augmente ou diminue ordinairement d'un nombre pair est presque une conséquence nécessaire de l'hypothèse d'équilibre dont nous sommes partis.

En effet, le dédoublement d'un groupement instable doit se faire en deux systèmes équilibrés, par conséquent les atomes ne sauraient se dégager seuls et rester isolés. Ainsi,

$$Ph\,Cl_5 = Ph\,Cl_3 + Cl_2$$

et non :

$$Ph\,Cl_5 = Ph\,Cl_4 + Cl$$

De même l'augmentation de la valence est précédée par

une conjugaison de deux molécules à la fois, et non par l'addition d'un atome à une molécule.

Ainsi nous sommes en droit de regarder la valence simplement comme l'expression d'un état d'équilibre stable, équilibre qui dépend du nombre et du groupement des atomes dans la molécule. Deux masses qui sont en équilibre avec une troisième peuvent s'équilibrer aussi entre elles. La grande loi de l'équivalence des atomes ou radicaux disposant du même nombre d'affinités s'explique ainsi de la manière la plus simple, et découle pour ainsi dire directement de l'idée que nous nous sommes faite de la valence.

En principe, nous sommes en droit de dire que les lois générales de l'équilibre statique et dynamique sont applicables à la constitution des molécules.

La valence d'un atome dépend de sa masse, de son mouvement et de la place que les atomes de saturation prennent vis-à-vis de lui.

Il est facile de comprendre que la température peut diminuer la valence, car elle augmente la répulsion des atomes entre eux. Mais d'autres circonstances encore peuvent entrer en jeu, telle est par exemple la qualité même des éléments qui tantôt s'attirent plus, et tantôt s'attirent moins.

Ainsi il n'est pas étonnant que l'azote, qui se combine seulement avec trois atomes d'hydrogène, puisse s'équilibrer avec quatre atomes d'hydrogène et un atome de chlore ou un radical négatif quelconque. En effet, l'atome de chlore ou le radical retient par son attraction les quatre atomes d'hydrogène, et les force à se rapprocher dans le cercle qu'ils forment autour de l'atome central d'azote.

Quant à l'influence de la masse sur la valence, elle est prouvée par la variation périodique de la dernière avec le poids atomique comme le démontre notre tableau (page 11).

En dernière analyse nous devons reconnaître que ce

sont les mêmes causes, à savoir la forme, la grandeur et la vitesse des atomes et de leurs tourbillons, qui règlent les deux formes de l'affinité chimique : son énergie et sa valence.

L'énergie de l'affinité est la tendance plus ou moins grande à produire l'équilibre moléculaire. Cette tendance dépend de la différence entre l'état initial des atomes avant la combinaison et l'état final de la combinaison. La grandeur de cette tendance est mesurée par le travail accompli pendant la transition d'un état à l'autre, c'est-à-dire par la chaleur de combinaison. D'autre part la valence trouve son expression même dans la forme de cet équilibre final ; l'atome d'hydrogène nous y sert de terme de comparaison.

Cohésion. De même que l'affinité est due à l'attraction des atomes de même la cohésion résulte de l'attraction des molécules. Son effet utile est mesuré par la fixité absolue des corps, laquelle peut devenir parfois très grande. Ainsi pour le fer elle est, à la température ordinaire, égale à une pression de 4470 atmosphères.

Mais en général la force de la cohésion est dépassée de loin par celle de l'affinité chimique. La théorie des tourbillons nous en donne une explication simple. En effet, d'après ce que nous avons vu antérieurement, l'attraction doit être d'autant plus grande que la vitesse des tourbillons et l'inégalité des mouvements augmentent. Or les atomes perdent pendant leur combinaison une grande partie de leur énergie rotatoire. Cette énergie, déjà fortement diminuée, doit encore se répartir sur un espace relativement grand, l'intensité de l'attraction sera donc nécessairement moindre.

Ensuite les inégalités du mouvement doivent plus ou moins se compenser dans toutes les molécules. En effet, deux molécules profondément inégales, ne sauraient rester

juxtaposées comme telles, mais entreraient en équilibration, c'est-à-dire en union chimique.

En somme, dans l'attraction des molécules, les extrêmes sont adoucis; c'est une force universelle agissant avec moins de vigueur, mais plus uniformément, que l'affinité chimique.

Toutes les molécules, qu'elles soient homogènes ou hétérogènes, s'attirent plus ou moins. Ainsi se produit le phénomène de l'absorption des gaz par les liquides, la condensation des gaz à la surface des solides, la capillarité et l'adhésion.

Tous ces phénomènes ne se produisent qu'à une distance très petite, qui dépend de la grandeur du tourbillon d'éther formé autour des molécules.

Au point de vue chimique, le plus intéressant de ces phénomènes est celui de la solution, qui est pareillement dû à l'attraction des molécules du liquide sur les molécules du solide. Pour que le phénomène ait lieu, il faut que l'attraction des molécules hétérogènes soit plus grande que la cohésion des molécules homogènes du solide.

La solubilité augmente avec cette différence. Dans la solution concentrée et saturée, la différence est devenue nulle, la cohésion des homogènes et l'attraction des hétérogènes sont en équilibre. Si la température baisse, la cohésion augmente et le liquide dépose des cristaux d'une composition d'autant plus complexe que la température diminue davantage.

Le phénomène si connu de l'eau de cristallisation se rattache à cette cause ; l'alun de potasse nous fournit un excellent exemple de cette gradation successive dans la complexité moléculaire. Une molécule de ce sel retient à la température de

200°	— 1/2	molécule d'eau (1).
à 180°	— 1	»
à 120°	— 5	»
à 100°	— 14	»
à 15°	— 24	»

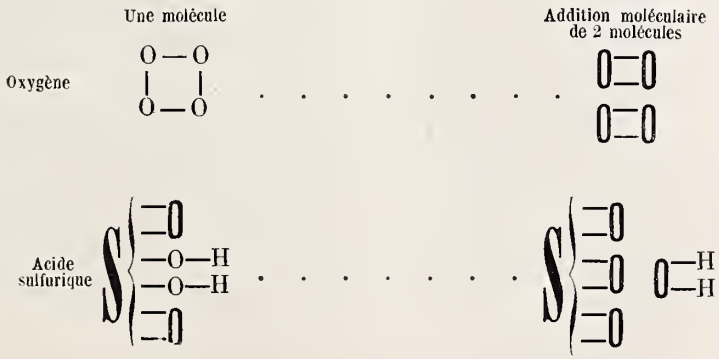
(1) C'est-à-dire que deux molécules d'alun retiennent une molécule d'eau.

D'autres dissolvants présentent aussi le même phénomène, entre autres, l'acool éthylique, et l'acide acétique, qui forment des combinaisons analogues à celles de l'eau de cristallisation.

Tous ces effets de l'attraction des molécules, absorptions, solutions, alliages, etc., peuvent être considérés comme des additions moléculaires d'une grandeur variable qui forment, surtout à l'état solide, des groupes de molécules distincts, séparés entre eux par des distances plus ou moins grandes et animés de mouvements communs et isochrones. Avec la diminution du calorique, les molécules se condensent progressivement en constituant des groupes de plus en plus complexes.

Dans l'étude des additions moléculaires, il importe donc de préciser l'idée de la molécule et de distinguer les véritables molécules des additions moléculaires.

Dans toute molécule, les atomes doivent être enchaînés l'un à l'autre sans solution de continuité. Chaque fois que cette chaîne se brise, il y a formation de deux molécules.



Si l'on définit la chimie la science des *atomes*, et la physique la science des *molécules*, toutes les additions molé-

culaires seront du domaine de la physique et relèveront de ses lois.

Mais souvenons-nous bien que l'attraction physique et l'affinité chimique dépendent en définitive des mêmes principes d'attraction atomique. Il n'existe entre elles qu'une différence dans la forme des groupes qui entrent en relation et souvent, dans les cas qui semblent constituer une transition, nous ne savons pas distinguer pratiquement les additions moléculaires des véritables molécules.

Il est dans la nature des choses que les additions moléculaires résistent beaucoup moins à la force de distension du calorique. Aussi admet-on généralement qu'elles ne peuvent pas exister à l'état de vapeurs. C'est pour cette raison même, que les chimistes ont rapporté la plupart des formules moléculaires à la forme vapeur.

Cependant cette règle n'est pas absolue. Ainsi Naumann a prouvé à l'évidence que, dans la vapeur de l'acide acétique, il existe réellement des molécules accouplées. Les polymérisations du soufre à l'état de vapeur (S_2 jusqu'à S_6) parlent aussi en faveur de la possibilité d'additions moléculaires à l'état gazeux.

Mais, d'un autre côté, il est certain aussi qu'à des températures assez éloignées du point d'ébullition, toutes les molécules sont solitaires.

La stabilité vis-à-vis du calorique n'est donc qu'un moyen relatif pour distinguer les additions moléculaires des véritables molécules. Ce phénomène ne nous fournit pas un terme de comparaison absolu. L'alun, cette addition moléculaire complexe, est, on le sait, infiniment plus stable que l'acide perazotique, vraie combinaison atomique.

En général, la stabilité nettement prononcée d'une combinaison nous fait à bon droit regarder celle-ci comme molécule unique plutôt que comme addition. C'est ainsi que beaucoup d'oxydes métalliques, qui résistent aux températures les plus fortes sans même se fondre, doivent

être regardés comme combinaisons atomiques (enchaînements d'atomes) et non comme additions moléculaires ; par exemple,

```
Zn—O—Zn—O—Zn
 |           |
 O           O   et non
 |           |
Zn—O—Zn—O—Zn
```

Zn=O	Zn=O	Zn=O
Zn=O	Zn=O	Zn=O

La variabilité de la valence avec la température et d'après les conditions générales de la molécule complique à un haut degré la distinction pratique des molécules uniques et des additions moléculaires. Il est certain que les partisans de la valence constante ont abusé de la notion de l'addition moléculaire, pour faire rentrer dans le système des combinaisons qui, par leur caractère général, se présentaient nettement comme molécules unitaires.

On pourrait croire que la mesure exacte de la chaleur de combinaison fournit un moyen plus sûr. Il n'en est rien. La conjugaison des molécules produit de la chaleur aussi bien que la combinaison chimique, et il se peut que, dans certains cas, un accouplement moléculaire en produise plus que des combinaisons chimiques très instables.

Toutes ces différences sont donc relatives, il ne s'agit que de plus ou de moins. Nous nous trouvons ici à la frontière commune de la physique et de la chimie, où il est impossible de tracer avec exactitude la ligne de démarcation.

On a aussi distingué récemment l'isomérie chimique de l'isomérie physique, c'est-à-dire de l'isomérie provoquée par la différence dans le groupement des molécules accouplées. Dans cette catégorie, on rencontre les corps appelés *allotropes* et *polymorphes;* entre autres, les différentes modi-

fications du soufre, du sélénium et du phosphore; viennent ensuite plusieurs sels qui peuvent affecter différentes formes, tels que le sulfate de cuivre, le sulfate de fer, le carbonate de chaux (spath calcique et arragonite), l'arsenic, l'iodure de mercure (forme tétragonale en cristaux rouges, forme rhombique en cristaux jaunes) et plusieurs nitrates.

Le nitrate d'ammonium présente même quatre modifications. Après la fusion (à 168°) il cristallise en cristaux du système régulier, à 127° il se présente en cristaux rhomboédriques et biréfringents, à 87° il affecte une forme rhombique, pour passer enfin à la température ordinaire à une quatrième modification rhombique.

Tous ces changements de forme s'effectuent à une température donnée et dégagent une quantité de chaleur déterminée. Les molécules se rapprochent de plus en plus, et dans leur marche elles se groupent de temps en temps dans un nouvel état d'équilibre. Les agrégations moléculaires de ces différentes étapes sont de plus en plus complexes.

Il n'est pas nécessaire que la condensation de la matière se fasse par agrégations moléculaires, c'est-à-dire qu'elle se concentre dans quelques centres distincts; au contraire, toutes les molécules d'un corps se rapprochent d'ordinaire d'une manière égale. On arrive ainsi à une contraction uniforme de la masse, qui se manifeste dans les différents états d'agrégation physique.

Ces différences sont dues à l'antagonisme des forces que nous avons constatées dans les atomes, l'attraction et la chaleur.

Ici, comme dans les atomes, l'attraction est due au tourbillon éthéré ; et la répulsion est augmentée par la chaleur qui accélère aussi bien le mouvement oscillatoire que la rotation des atomes et des molécules.

L'état solide est caractérisé par un rapprochement des molécules tel qu'elles entrent mutuellement dans leurs tourbillons. Si le rapprochement est suffisant, les axes de rotation des molécules ou des groupes moléculaires se

parallélisent plus ou moins, suivant en cela la loi générale d'après laquelle, dans un milieu quelconque, tous les mouvements tendent à s'égaliser et à se paralléliser.

Ce parallélisme des rotations se reflète dans la structure cristalline que possèdent tous les corps solides, les uns d'une manière évidente, les autres au contraire de telle manière que le microscope seul peut la révéler.

Nous devons nous représenter un cristal comme composé de molécules qui oscillent et qui tournent autour d'axes parallèles. Le cristal entier est enveloppé dans un tourbillon commun d'éther raréfié, tourbillon qui résulte de tous ses tourbillons moléculaires.

Par conséquent la cohésion et l'adhésion sont dues à la pression de l'éther environnant. On pourrait s'étonner que ces forces si colossales soient le résultat de la pression d'un milieu aussi subtil que l'éther, substance impondérable. Mais qu'on veuille bien se représenter la masse totale de l'éther existant dans cet immense univers. La somme totale de son énergie entre en action pour exercer cette pression. Ainsi le mystère disparaît.

Pour passer de l'état solide à l'état liquide, il faut que la chaleur produise un travail intérieur, qui consiste dans l'augmentation de la rapidité de rotation, dans le trouble des mouvements parallèles et isochrones, et dans la séparation des tourbillons éthérés. L'énergie de ce travail s'appelle chaleur latente de fusion ; chaleur non mesurable par le thermomètre, car la température n'exprime autre chose que l'énergie *actuelle* du mouvement vibratoire.

A l'état liquide, les molécules sont moins rapprochées qu'à l'état solide. Elles sortent de leur tourbillon commun, mais la force répulsive n'est pas assez grande pour les éloigner davantage. M. Hirn a calculé que, pour l'eau, les espaces vides laissés entre les molécules occupent moins de la dixième partie de leur masse totale. Les axes de rotation ne sont plus parallèles ; les liquides sont donc

homogènes, et puisque l'attraction et la répulsion s'équilibrent plus ou moins, leurs molécules sont exclusivement sujettes à la pesanteur.

L'état gazeux est caractérisé par une augmentation notable du mouvement rectiligne de telle sorte que les effets de la cohésion peuvent être négligés. Mais, pour amener les liquides à cet état, il faut communiquer à leurs molécules une vitesse considérable. Un volume d'eau à 100°, par exemple, donne 1696 volumes de vapeur à 100° ; la chaleur qui produit cette transformation disparaît tout entière en travail intérieur.

Nous avons vu que la force répulsive de la chaleur est à la fois la compagne constante de l'attraction et son plus grand antagoniste. C'est le jeu alternatif de ces forces qui fait passer la matière par les trois états d'agrégation physique, gazeux, liquide, solide et par les différents états d'agrégation chimique, atomes libres, molécules, additions moléculaires, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes.

Dans tout corps, même quand il nous semble plongé dans un repos absolu, il y a une multitude de mouvements énergiques, mouvements oscillatoires et rotatoires ; partout il existe une lutte incessante entre les forces dites répulsives et attractives.

Nous sortirions des bornes de cette étude, si nous nous étendions davantage sur la chaleur, la lumière, l'électricité et le magnétisme, pour expliquer comment toutes les manifestations de ces forces peuvent se ramener en dernière analyse au mouvement de l'éther ou de la matière pondérable.

Rappelons seulement la faculté prodigieuse des molécules d'exécuter des oscillations dont le nombre varie de 31 par seconde jusqu'à 946 000 000 000 000, et de produire ainsi successivement les phénomènes du son, de la chaleur, de la lumière et des rayons chimiques. Ce fait

démontre clairement la corrélation de tous ces phénomènes avec le mouvement.

Enfin l'électricité s'explique, croyons-nous, d'une manière simple et claire, lorsqu'on la considère comme un trouble apporté à l'équilibre de l'éther, et dépassant l'élasticité de celui-ci. Cet équilibre tend à se rétablir par le courant électrique ; si le rétablissement est empêché, les phénomènes de l'électricité statique se présentent.

Toute cause qui dérange la cohésion moléculaire ou atomique des corps, qu'elle consiste dans une action mécanique, thermique ou chimique, est capable de troubler l'équilibre de l'éther renfermé dans les corps, c'est-à-dire, de modifier les tourbillons éthérés de leurs atomes ou de leurs molécules.

Il s'ensuit que, dans toute combinaison chimique, il doit se dégager une quantité déterminée d'électricité, aussi bien qu'il se dégage de la chaleur, et cette quantité est, comme la chaleur, proportionnelle à l'affinité chimique.

Dans les combinaisons et réactions chimiques ordinaires, l'équilibre de l'éther se rétablit directement entre les molécules, tandis que dans l'élément galvanique l'éther est forcé, pour se mettre en équilibre, de parcourir l'arc voltaïque.

Le magnétisme serait expliqué par l'influence réciproque des courants électriques ou des tourbillons moléculaires existant dans les corps magnétiques.

Faut-il dire enfin que les propriétés les plus dissemblables des corps, telles que la polarisation elliptique des métaux, leur opacité, leur ductilité, leur conductibilité pour la chaleur et l'électricité trouvent dans cette hypothèse un lien commun qui les rattache ?

Il appartient aux physiciens de développer ces applications dans les détails. C'est dans le domaine de la physique que la théorie de l'unité de la matière et des forces a trouvé son berceau, qu'elle s'est développée et qu'elle a fourni les preuves les plus éclatantes de sa vitalité.

Il nous suffit d'avoir démontré que la chimie moderne, loin d'être hostile à ces interprétations des phénomènes de la nature, encourage au contraire les tentatives de ce genre, et qu'insensiblement elle s'engage elle-même dans une voie qui semble devoir aboutir à l'unification et au but commun de toutes les sciences naturelles.

F. Roderburg,
Docteur en sciences naturelles.

ÉTUDES FORESTIÈRES

SOLS, CLIMATS, ALTITUDES

Si la *couverture* du sol est, en sylviculture, comme nous avons cherché à le démontrer (1), un fait d'une importance telle qu'il peut être considéré à certains égards comme la base même de la pratique culturale en matière de bois, la constitution de ce même sol ne saurait assurément passer inaperçue. Sans doute la persistance séculaire de massifs forestiers au couvert permanent et ininterrompu, peut, sinon en changer la nature, du moins lui apporter des éléments de fertilité qui, sans elle, n'eussent jamais été soupçonnés; et, sous ce rapport, il n'est pas inexact de dire que *c'est la forêt qui fait le sol*. Mais il n'en est pas moins évident, quelle que puisse être l'influence d'un couvert prolongé sur le parterre d'une forêt, que celle-ci n'a pas la priorité chronologique, et que, si l'on conçoit à merveille un sol non couvert de bois, il est absolument impossible de se représenter une forêt sans l'existence préalable d'un terrain qui la supporte, où elle ait pris naissance et auquel elle em-

(1) Voir la *Revue des questions scientifiques*, avril 1880.

prunte une partie des éléments qui la constituent. Suivant la base minéralogique de ce terrain, son mode de conformation, sa composition chimique, sa consistance et ses conditions physiques, la végétation ligneuse y rencontrera des conditions plus ou moins avantageuses ou plus ou moins défavorables à son prompt développement, plus ou moins appropriées ou contraires à telles essences à l'encontre de telles autres ; ce sont là des influences qui se font sentir pendant de longues périodes de temps, quelquefois toujours, et avec lesquelles on n'est, par conséquent, jamais dispensé de compter.

Elles ne sont pas les seules. On a pu voir ici même (1), à propos d'une prétendue loi d'action réflexe de la lumière sur la face inférieure des feuilles, quel rôle fondamental joue, dans toute végétation en général et particulièrement dans la végétation forestière, cet agent qui, par son action sur la chlorophylle contenue dans les parties vertes des plantes, provoque la décomposition de l'acide carbonique de l'atmosphère et l'assimilation par les tissus végétaux du carbone ainsi dégagé. Mais si essentiel, si prépondérant que soit le rôle de la lumière dans la végétation, il serait annulé, il ne pourrait s'exercer s'il n'était accompagné d'une certaine quantité de chaleur : inondez de lumière une plante maintenue dans un milieu d'une température inférieure à zéro, vous ne parviendrez pas à la faire sortir de son repos hibernal. Au contraire, dans une serre bien chauffée et remplie de végétaux de toutes origines, interceptez par un voile suffisamment épais toute pénétration de la lumière, et vos plantes, une fois leurs réserves alimentaires mises en œuvre et absorbées, ne tarderont pas à périr (2).

(1) Livraison de janvier 1881 : *La lumière et l'humus en sylviculture.*

(2) Cette loi a été vérifiée et précisée du reste par de nombreuses expériences. Il résulte notamment de celles de Sachs qu'au-dessous d'un certain minimum d'éclairement, qui varie d'ailleurs avec l'espèce de la plante et avec la température à laquelle elle est soumise, la couleur verte disparaît pour faire place à une nuance d'un jauue clair ; mais au-dessous d'un certain minimum de température qui varie également avec l'espèce, les jeunes plantes

Selon que la chaleur et la lumière seront distribuées par la nature d'une main plus ou moins prodigue ou plus ou moins avare ou avec une régularité plus ou moins grande, les conditions de la végétation varieront en fonction même de ces variations climatériques. La chaleur et la lumière ne parviendraient pas à accomplir leur œuvre sur la vie végétative, sans le concours d'un agent non moins indispensable que l'air lui-même, nous voulons parler de l'humidité, autrement dit de l'eau, répandue en plus ou moins grande quantité dans l'atmosphère suivant la situation des lieux : l'eau est l'agent immédiat et indispensable de toute végétation, elle est le véhicule de toutes les substances en élaboration et en circulation dans les tissus de la plante, et au printemps la jeune feuillée en contient 70 pour cent de son poids.

L'étude des *climats* d'où dépend l'intensité et la répartition de ces divers agents : humidité, chaleur, lumière, n'est donc pas moins importante au point de vue sylvicole que celle des terrains ou des sols.

On sait que les climats varient non seulement avec les latitudes, mais aussi avec l'élévation supramarine des lieux. Aussi est-il assez habituel de confondre la question des altitudes avec celle des climats : on admet que la décroissance de la température de l'équateur aux pôles est moyennement de 0°, 50 par degré de latitude, tandis que, en deçà du tropique, la décroissance analogue résultant des altitudes serait de 0°, 56 par 100 mètres d'élévation (1) ou de 1° pour 180^{m}. Il en résulterait qu'une différence d'un peu moins de 90 mètres en hauteur verticale (89, 3), correspondrait pour la variation de la tempé-

restent incolores quelle que soit l'intensité de l'éclairement (Cf. *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, année 1880, p. 222). Il résulte de là, que c'est sous l'action combinée de la chaleur et de la lumière que se forme la chlorophylle, et que celle-ci travaille à l'entretien et au développement de la plante en décomposant l'acide carbonique de l'air pour en fixer le carbone.

(1) L. Grandeau. *Nutrition de la plante*, pp. 262 à 264. — 1879, Paris, Berger-Levrault. Voir, p. 36 *ad notam*, une appréciation différente, de M. Kæmtz.

rature, à une distance horizontale de 1 degré de latitude. Cependant il y a, outre les climats tels qu'ils résultent de la position par rapport au pôle ou à l'équateur ou de l'élévation au-dessus du niveau moyen des océans, des différences qui nous semblent motiver un examen spécial. L'inégale proportionnalité de la chaleur et de la lumière, les variations de la densité atmosphérique, les différences enfin qui résultent des expositions, lesquelles sont corrélatives des altitudes, paraîtront peut-être former un ensemble de circonstances suffisantes à justifier cette distinction.

L'étude des sols, des climats et des altitudes au point de vue de la végétation forestière, tel est donc l'objet que nous nous proposons d'envisager aujourd'hui.

I.

Les sols. — Origine et éléments.

La question des sols et des climats est une de celles par où la culture des bois confine de plus près à la culture des champs : toutes deux s'appuient également sur le sol et toutes deux subissent, dans des conditions fort analogues, l'influence des climats et des altitudes.

Le forestier, toutefois, relativement au terrain, doit s'enquérir, plus encore peut-être que l'agriculteur, de l'état du sous-sol et de ses conditions minéralogiques.

Par leurs racines, qui se développent proportionnellement à la ramure et à la tige, les arbres explorent volontiers le sous-sol du terrain qui les a vus naître, et suivant que le sous-sol est plus ou moins perméable, plus ou moins riche en principes minéraux assimilables, trouvent en lui un supplément plus ou moins utile d'alimentation et de croissance. Le forestier doit s'enquérir davantage aussi des sols maigres, arides et culturalement improduc-

tifs que dédaigne le laboureur et qui, dans les pays de civilisation avancée, tendent de plus en plus à devenir l'apanage exclusif de la propriété boisée.

Nous examinerons donc le mode de formation des diverses natures de terre arable ou végétale qui se rencontrent dans nos régions de l'Europe occidentale, en nous attachant plus particulièrement à celles que, pour différentes causes, l'agriculteur serait porté à négliger.

La terre végétale ou arable proprement dite, c'est-à-dire la partie superficielle du sol en contact immédiat avec l'atmosphère et sur laquelle croissent les plantes, provient originairement de la désagrégation des roches ignées ou sédimentaires dont se compose la croûte solide de notre planète. Cette désagrégation se produit de diverses manières. Les influences atmosphériques, l'action de l'air et de l'humidité, les alternatives de chaleur et de froid tendent à fendiller, à morceler la surface des roches les plus dures : les pluies, les avalanches, les torrents entraînent ces particules pierreuses, de même que les parcelles impalpables des roches friables ou sans cohésion. Les cours d'eau charrient au loin tous ces détritus, les déposant successivement par ordre de grosseur et de poids, les pierres et les cailloux d'abord, les graviers plus loin, les sables fins ensuite et, en dernier lieu, la vase ou le limon. Ainsi se forment, à l'embouchure des fleuves, les deltas qui étendent chaque année de quelques fractions de centimètre le domaine de la terre ferme sur l'Océan ; ainsi se sont formées les riches plaines alluviales que traversent les cours d'eau auxquels jadis elles servaient de lits. D'autres fois les produits de la désagrégation, ne se trouvant pas sur le passage des torrents ou au voisinage des pentes de leurs bassins, se sont écroulés sur place, étalant, au lieu de la montagne effondrée et de ses entours, des plateaux à surface plus ou moins bosselée ou tourmentée. Ou bien, sur les flancs escarpés d'une roche nue, pour peu que ses rugosités aient retenu quelques parcelles de l'hu-

midité apportée par les vents, s'étend un mince tapis de lichens et de mousses microscopiques dont les radicules s'insinueront entre les molécules les plus superficielles de la pierre : le cycle de leur existence accompli, ces humbles végétaux se décomposeront, mêlant leurs détritus aux impalpables parcelles détachées de la surface rocheuse. Sur ces premiers linéaments d'un sol futur, de nouveaux végétaux inférieurs prendront naissance, se développeront et mourront à leur tour, ayant détaché de la pierre quelques molécules de plus ; et ce patient travail de la vie la plus rudimentaire se poursuivant pendant des siècles, le roc finira par être entamé d'une manière sensible ; des plantes d'un ordre plus relevé et d'une plus grande expansion prendront racine sur cette mince couche superficielle : graminées sauvages, saxifrages, airelles, ronces, rhododendrons, genêts. sarothamnes, bruyères, callunes, etc., finiront par couvrir d'un revêtement de verdure ces rochers autrefois dénudés. Ou bien encore sur des plateaux sans pente et sans écoulement, dans les inégalités de la surface desquels les eaux pluviales se seront amassées, une végétation marécageuse périssant sur place, puis supportant une végétation nouvelle qui périt à son tour, formera peu à peu une tourbe imparfaite, propre à la croissance de certains végétaux. Enfin l'Océan rejette sur certaines côtes, sous forme de sable, les menus débris de roches diverses que les fleuves ont charriés jusqu'à lui, et de là vient la dune envahissante qui finirait par ensevelir d'immenses étendues sous son aride linceul, si la main industrieuse de l'homme, en l'immobilisant par la végétation, n'apportait un obstacle efficace à ses envahissements.

Les terrains de dépôt charriés par les eaux s'appellent, comme on le sait, *alluvions modernes* quand ils proviennent d'évolutions des éléments accomplies sous nos yeux ou sous ceux de nos devanciers. Réalisés sur une échelle incomparablement plus vaste et plus puissante lors de la progression et de la fonte des immenses glaciers caractéristiques de

l'époque quaternaire, ils prennent le nom de dépôts du *diluvium* ou de terrains *diluviens*. Les terrains d'éboulis ou de *désagrégation* directe sont ceux qui ont été formés sur place par des débris de montagnes écroulées peu à peu ; ce sont des sols pierreux. Pierreux aussi, rocailleux, caillouteux sont les terrains de transport dans les lieux voisins du point de départ des anciens torrents qui les ont charriés.

Ces différents modes de formation peuvent nous renseigner plus ou moins sur les conditions physiques des sols ainsi composés; ils ne nous apprennent rien sur leur constitution chimique. C'est à la nature géologique des roches dont ils sont nés qu'il faut demander cette importante indication. En examinant, dans l'étude sur le *couvert* du sol forestier, quel est le rôle des matières minérales dans la végétation, nous avons vu que la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, la silice, l'acide sulfurique, certains oxydes métalliques sont, indépendamment des quatre corps constituants de toute matière organique (oxygène, hydrogène, carbone et azote), des principes nécessaires à la végétation des arbres. D'autres substances minérales, telles que le brome, le chlore, l'acide carbonique, etc., peuvent se rencontrer aussi dans quelques-uns de leurs tissus. L'on sait que ces derniers empruntent le carbone et l'oxygène à l'air atmosphérique, et l'hydrogène à l'eau (1). L'azote leur est fourni un peu par l'acide nitrique et l'ammoniaque formés ou déversés dans l'air et mis en communication avec le sol par les eaux atmosphériques, et surtout par l'ammoniaque résultant de la décomposition des matières organiques (2). Mais les principes non-organiques ou minéraux proprement dits, ne peuvent provenir — à moins d'introduction artificielle par la main de l'homme, ce qui n'a pas été considéré jus-

(1) Grandeau, *loc. cit.* Dehérain, *Cours de Chimie agricole*, 1873. — Hachette, édit.
(2) Ibid.

qu'ici comme d'une application pratique en sylviculture — que des éléments constitutifs du sol lui-même. Seule, par conséquent, l'étude ce ces éléments, c'est-à-dire l'étude minéralogique des roches d'où sont issues les différentes terres propres à la végétation, pourra nous renseigner sur les principes non-organiques qu'elles contiennent.

Si l'on excepte les houilles qui sont moins des roches proprement dites que des produits végétaux lentement carbonisés, toutes les roches qui composent l'écorce solide du sphéroïde terrestre peuvent se ranger en trois classes : ignées, sédimentaires et mixtes ou métamorphiques, intermédiaires entre les unes et les autres.

Les quartz, les micas, les talcs, les feldspaths, les amphiboles et pyroxènes, le péridot, sont les principaux éléments des roches ignées. Les sédiments s'étant formés aux dépens de ces dernières, et les roches métamorphiques n'étant autres que des roches sédimentaires plus ou moins transformées par l'action d'une chaleur intense, nous retrouverons dans celles-ci et dans ceux-là plusieurs des éléments fournis directement par la désagrégation des roches d'origine ignée. Nous y trouverons en plus les calcaires ou carbonates de chaux que l'on rencontre, en couches parfois très puissantes, dans toutes les formations non primordiales.

Les feldspaths, les micas, les talcs et les quartz, parfois l'amphibole, entrent dans la constitution des roches de la famille des granites, granites communs, gneiss, syénite, protogyne, et dans celle des porphyres et des trachytes. Le pyroxène ou augite, l'amphibole ou hornblende, le péridot, appartiennent surtout aux roches volcaniques.

Le quartz, sous ses deux formes, ignée ou cristalline (quartz hyalin, cristal de roche) et sédimentaire ou amorphe (silex, pierre à fusil, agate) résulte de la combinaison, par poids à peu près égaux, d'oxygène et de silicium (1). Sa désagrégation produit les *sables* siliceux, et

(1) Les proportions exactes sont, d'après M. Coquand, 51,95 d'oxygène pour 48,05 de silicium. — Le poids spécifique ou la densité du quartz pur est 2,65. (*Traité des roches*, Besançon, 1856).

ceux-ci, par l'effet d'une pression très forte ou agglutinés par une sorte de ciment siliceux, argileux ou calcaire, ont formé des grès.

La formule : (6 MgO + 2 HO). 5 SiO^3 représente le talc, sorte de silicate de magnésie hydratée et qui, remplaçant le mica dans l'association du quartz et du feldspath, caractérise la roche appelée protogyne.

Les feldspaths sont des silicates doubles dont l'un des éléments est toujours l'alumine, l'autre base étant un alcali, potasse pour l'orthose et le pétrosilex (1), soude pour l'albite (2), soude et chaux pour le labrador (3).

Les micas sont aussi des silicates d'alumine additionnés de potasse, de chaux, d'oxydes métalliques en proportions variables.

Quant aux pyroxènes et à l'amphibole, corps très analogues, ce sont des silicates de chaux avec oxydes de fer et de magnésium ou de manganèse. Le pyroxène ou augite se traduirait, d'après Rammelsberg, par une formule dans laquelle la silice serait constante 2 Si O^3, tandis que la base, suivant les cas, serait (CaO, MgO), ou bien (CaO, FeO), ou (CaO, MnO), ou encore (FeO, MnO), (CaO, MgO, FeO), etc. — L'amphibole ou hornblende est un silicate double de chaux d'une part, de magnésie et de fer d'autre part. Sa formule peut s'écrire ainsi : CaO. 3 SiO^3 + 3 (MgO, FeO). 2 SiO^3. — Enfin le péridot est un composé de silice, de magnésie et de protoxyde de fer avec quelques millièmes de manganèse et d'alumine.

Les principales roches sédimentaires sont : les calcaires qui comprennent les marbres, la pierre à chaux, la craie, et sont composés de carbonate de chaux, CaO. CO^2 ; la dolomie, sorte de calcaire dans lequel une partie de la

(1) Formule de l'*Orthose*, ou feldspath à base de potasse: KO.Al^2 O^3.4 Si O^3. — Le *Pétrosilex*, ou feldspath compact, est plus riche en silice et contient beaucoup moins d'alcali (Coquand, *Traité des roches*).

(2) Formule de l'*Albite*, ou feldspath à base de soude : NaO. Al^2 O^3. 4 SiO^3.

(3) Formule du *Labrador*, ou feldspath à base de chaux et de soude : (CaO, NaO, KO). Al^2O^3. 2SiO^3.

chaux (environ 20 p. c. de l'ensemble du minéral) est remplacée par de la magnésie ; les gypses ou sulfates de chaux, le silex amorphe et différents composés métalliques, toutes roches d'origine aqueuse et déposées chimiquement. Les argiles et les grès provenant, les premières de la désagrégation de roches à base d'alumine comme les feldspaths, les seconds de l'agrégation après dépôt de fins grains de quartz ou de silex, sont des sédiments formés par voie mécanique. Les roches d'origine végétale comme les charbons de terre, les houilles, les lignites, les tourbes sont parfois rangées aussi parmi les sédiments. Et dans les roches métamorphiques nous retrouvons, sous une forme chimiquement presque identique, les mêmes éléments que dans les deux autres classes.

On voit, par cette rapide énumération pétrographique, que les éléments minéraux de la végétation sont généralement compris dans les différentes roches dont les terres arables ou végétales sont issues.

Les calcaires, les dolomies, les gypses, fournissent à profusion *la chaux* qui n'est pas tout à fait étrangère non plus aux roches ignées elles-mêmes, grâce à l'amphibole, aux pyroxènes, aux labradors et aux micas. La *potasse* provient des granites, de certains porphyres, de l'eurite ou porphyre pétrosiliceux, des trachytes, des phonolithes, des laves à base d'orthose, qui contiennent tous dans une proportion plus ou moins forte le feldspath potassique. La protogyne des Alpes, le porphyre albitique et quelques granites modernes, roches dans la composition desquelles entre le feldspath à base de *soude*, sont les générateurs de ce dernier élément. La *magnésie* tire son origine des roches talqueuses protogynes et talcschistes), des porphyres magnésiens (amphibolite, serpentine, etc.) et des dolomies tant sédimentaires que métamorphiques, fort répandues. Les roches micacées, feldspathiques, porphyriques, volcaniques, sans parler du quartz qui est de la silice pure, contiennent toutes de la *silice* parmi leurs éléments

essentiels ; et dans les terrains de sédiment les grès, les pierres meulières, les silex en rognons ou à l'état de sable, en offrent des quantités considérables. Enfin nous avons l'acide sulfurique dans les gypses (gypse proprement dit : $CaOSO^3+2HO$, et anhydrite : $CaOSO^3$), dans la baryte sulfatée, dans différentes gangues métalliques, et son élément essentiel dans le soufre natif ; l'acide carbonique à l'état minéral, dans les calcaires et dolomies ; les oxydes du fer et du manganèse dans les feldspaths, micas, talcs, chlorites, pyroxènes, amphibole, péridot, etc.

Dans cette grande variété de substances minérales, nous retrouvons sans doute la plupart des principes inorganiques indipensables à la végétation. On peut même dire qu'ils s'y rencontrent tous..., un seul excepté. Dans ces roches si nombreuses, si diverses, si complexes, nous n'avons vu figurer nulle part aucun corps salin ayant le phosphore pour radical ; et cependant l'acide phosphorique, c'est un fait acquis, ne remplit pas dans la végétation un rôle moins important que la potasse, la silice, la chaux, la magnésie, l'acide sulfurique.

Tous les végétaux contiennent de l'acide phosphorique, et les ossements de l'homme et des animaux, réduits par la calcination, donnent en phosphate de chaux plus des quatre cinquièmes de leur poids. Nous avons vu notamment, en ce qui concerne les arbres des forêts, que leurs cendres, plus ou moins abondantes suivant qu'elles proviennent des feuilles, de l'écorce, des rameaux, du bois à divers degrés d'âge ou de maturité, renferment invariablement de l'acide phosphorique, dans une proportion faible sans doute, mais qui ne fait jamais défaut. D'autre part, toutes les analyses des sols révèlent toujours une petite quantité de cet acide (voir, dans le *Cours de chimie agricole* de M. Dehérain, les analyses de sols faites tant par ce savant que par M. Boussingault). Pour ne considérer que des sols forestiers, empruntons à M. Grandeau, directeur de la station agronomique de l'est, professeur à la Faculté des sciences et à l'École fores-

tière de Nancy, quelques-unes de ses nombreuses détermi-
nations, au moins en ce qui concerne la substance minérale
qui nous occupe en ce moment : il s'agit d'analyses du sol
superficiel prises sur une couche de 15 centimètres d'épais-
seur seulement, le sous-sol étant considéré à une profon-
deur comprise entre 0m,45 et 0m,60. Le premier nom
propre, dans la liste ci-dessous, est celui de la forêt, le

Paroy (Meurthe-et-Moselle)	sol siliceux du diluvium :	0,13 pour cent	— 1056 kilos	— 746 kilos
Mondon (M.-et-M.)	— —	0,06 p. c.	— 49 k	— 864 k
Signy-l'Abbaye (Ardennes)	sol siliceux de l'étage oxfordien	0,17 p. c.	— 832 k	— 2020 k
Saint-Michel (Aisne)	sol siliceux sur sous-sol silurien	0,20 p. c.	— 862 k	— 1958 k
Compiègne (Oise)	sable glauconieux	0,06 p. c.	— 26 k	— 1094 k
Villers-Cotterets (Aisne)	sable siliceux sur marnes du calcaire lacustre	0,08 p. c.	— 313 k	— 722 k
Champfétu (Yonne)	sol calcaire, craie	0,29 p. c.	— 161 k	— 443 k
Gérardmer (Vosges)	sol granitique	0,23 p. c.	— 989 k	— 2343 k
Noiregoutte (Vosges)	sol siliceux (granite syénitique)	0,27 p. c.	— 630 k	— 3910 k
Hérival (Vosges)	sol siliceux du grès rouge	0,16 p. c.	— 450 k	— 1985 k
Mœssigthal en Alsace	sol siliceux du grès vosgien	0,02 p. c.	— 99 k	— 295 k

suivant celui du département français dans lequel elle est située ; le premier chiffre indique le taux centésimal de la teneur en acide phosphorique assimilable, le second la quantité absolue de cette matière sur un hectare, le troisième la réserve d'acide phosphorique non actuellement assimilable.

Il ne faut pas perdre de vue que ces chiffres résultent d'analyses prises sur la couche la plus superficielle du sol, celle qui représente la profondeur suffisante pour la culture des céréales. Quand il s'agit de sols forestiers, il faut considérer comme sol végétal une épaisseur plus grande, celle de la région moyenne des racines des arbres, soit environ $0^m,45$. Analysés à ce point de vue, c'est-à-dire sur cette dernière profondeur, les mêmes sols donnent en quantités d'acide phosphorique : 1° actuellement assimilable, 2° en réserve, 3° d'ensemble, les chiffres de la page suivante.

La moyenne de ces analyses, faites sur treize sols forestiers de compositions très variées, siliceux, calcaires, granitiques, etc., donne pour les quantités mentionnées, ainsi que pour les matières combustibles ou charbonneuses et pour la matière minérale noire provenant de l'humus, les chiffres suivants :

Un hectare moyen de sol forestier d'une épaisseur de $0^m,45$ (soit, en volume, 4500 mètres cubes) pesant **5069** tonnes métriques, contient 331 $^{t.\ m.}\ \frac{1}{2}$ de matière combustible, 71 $^{t.\ m.}\ \frac{1}{2}$ de matière noire, **6** $^{t.\ m.}\ \frac{1}{2}$ (exactement 6635 kilog.) d'acide phosphorique dont un peu plus de 5 tonnes en réserve non actuellement assimilable, et le surplus (1413 kilog.) à l'état assimilable. On tire de là, comme teneur moyenne en acide phosphorique *total*, 0,13 pour cent (ou 13 pour 10000) de la masse du sol, et un peu moins de 0,03 pour cent (0,0279) en acide phosphorique actuellement assimilable. C'est peu, infiniment peu en quantité relative : mais cette proportion, en apparence insignifiante, n'en constitue pas moins, en valeur absolue, une quantité moyenne de 1413 kilogrammes par hectare avec une

Forêt de Paroy :	3168^k	+	2238^k	=	5406^k	sur un poids total de terre de	4224	tonnes métriques
Forêt de Mondon :	147	+	2592	=	2739	—	4556	—
Forêt de Signy-l'Abbaye :	2496	+	6060	=	8556	—	4941	—
Forêt de Saint-Michel :	2616	+	5574	=	8190	—	4095	—
Forêt de Compiègne :	78	+	3282	=	3360	—	5598	—
Forêt de Villers-Cotterets :	939	+	2166	=	3105	—	3882	—
Forêt de Champfétu (canton du Bas-du-Cellier) :	249	+	1329	=	1578	—	5445	—
Forêt de Gérardmer (partie granitique) :	2967	+	11502	=	14469	—	6291	—
Forêt de Noiregoutte :	1890	+	11730	=	13620	—	5120	—
Forêt d'Hérival :	1350	+	5865	=	7215	—	4626	—
Forêt de Mœssingthal :	297	+	861	=	1158	—	6453	—

Ajoutons deux autres analyses aux onze qui précèdent :

Forêt de Champfétu (canton des Quatre-Arpents) :	483^k	+	2880^k	=	3363^k	sur un poids total de	5256	tonnes métriques
Forêt de Gérardmer (partie porphyrique) :	1698	+	11802	=	13500	—	5400	—

réserve de 5222 kilogrammes en un état qui, pour n'être pas *actuellement* assimilable, ne laisse pas de pouvoir le devenir sous l'influence de l'humus, comme nous l'avons indiqué dans l'étude précitée (1). Ces chiffres moyens ne sont pas très sensiblement différents de ceux qui se rapportent à la sapinière d'Hérival, laquelle, pour une production annuelle de 6 mètres cubes de bois pesant 2664 kilogrammes, fournit $26^k,6$ de cendres dans lesquelles l'acide phosphorique compte pour $0^k,999$, quantité véritablement insignifiante en face des 6635 ou 7215 kilogrammes, assimilables ou pouvant le devenir, contenus dans le sol superficiel sans parler du sous-sol.

Mais enfin cette moyenne de 6635 kilogrammes d'acide phosphorique par hectare, entre des extrêmes de 1158 à 14469 (voir le tableau qui précède), ce 13 pour 10 000 ou ces treize centièmes pour cent (entre 0,018 p. c. et 0,229 p. c.), tirent leur origine de quelque part ! Quelle est donc cette origine ?

L'on n'est pas absolument fixé sur cette question. Les nombreuses analyses de Ch. Sainte-Claire Deville, d'Élie de Beaumont et d'autres savants ont bien établi l'existence de cristaux d'apatite dans toutes les roches volcaniques, récentes ou anciennes (2). C'est même à l'abondance de ce minéral dans les laves vomies par les cratères du Vésuve et de l'Etna que l'on attribue aujourd'hui l'extraordinaire fertilité des pentes de ces volcans. Mais les roches volcaniques ne constituent qu'une faible part, après tout, de la superficie de l'écorce terrestre. De très vastes régions ne contiennent, ni dans le sol végétal ni dans le sous-sol, aucune trace de débris quelconques provenant de volcans, et nulle part

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril 1880, pp. 434 et 435, *ad not.*

(2) Cf. Dehérain, *Chimie agricole*, pp. 325 et 326 ; Grandeau, mémoire *Sur le rôle des matières organiques dans la nutrition de la plante*, dans les *Annales de la station agronomique de l'est*, année 1878, pp. 321 et 322.

L'apatite est un phosphate de chaux associé à du chlorure et à du fluorure de calcium. Sa formule *chimique* serait : $3\,(3\,CaO,\ Ph^2O^5) + Ca \left\{ \begin{matrix} Cl^2 \\ Fl^2 \end{matrix} \right.$.

cependant l'acide phosphorique ne manque d'une manière absolue. M. Grandeau a dirigé ses recherches de ce côté, et il annonce, dans son mémoire cité, qu'il se réserve de publier plus tard l'exposé détaillé de ses travaux à ce sujet. Je ne sache pas que cette publication ait été faite. Mais dès à présent le savant agronome fournit cependant de premières données : il a reconnu, à la suite des analyses dont quelques extraits ont été présentés tout à l'heure, que les granites, les porphyres et autres roches anciennes dont la désagrégation constitue à elle seule le sol des Vosges, sont bien la source de l'acide phosphorique existant dans ces riches terrains comme de tous les autres éléments : il en aurait trouvé 0,33 pour cent dans le granite commun, 0,38 p. c. dans le granite syénitique et 0,48 p. c. dans le granite porphyroïde. Ce ne serait pas à l'état de phosphate de chaux que l'acide phosphorique existerait dans ces roches où la chaux est presque nulle, mais à l'état de combinaison avec le fer et le manganèse.

Quant aux roches sédimentaires on est encore réduit aux conjectures pour expliquer l'origine de leur acide phosphorique : on pense que les coprolithes, les nodules composés de débris fossiles agglomérés ou déformés, certains fossiles même à l'état de décomposition partielle, que l'on rencontre en divers horizons géologiques mais principalement à l'étage albien (grès verts), peuvent avoir fourni une part de l'acide phosphorique des sols sédimentaires. Ces antiques débris animaux renferment jusqu'à 60 pour cent de phosphates terreux, et sont activement exploités dans les régions où ils abondent, comme dans les Ardennes par exemple (1),

(1) Cf. Stanislas Meunier, *Chimie et Géologie agricoles*, 1880, Paris J. Rothschild. Cet ouvrage, qui n'a été sous nos yeux qu'après la rédaction du présent travail, contient en outre p. 154, une indication qu'il est intéressant de signaler. Tous les animaux, vivants ou éteints, renferment ou renfermaient des proportions plus ou moins grandes de phosphate de chaux, sel peu soluble que retiennent, après la mort, les dépouilles de ces animaux. Or un grand nombre de calcaires contiennent des débris d'animaux fossiles, coquillages ou autres, certains même en sont exclusivement formés : c'est

pour être employés en agriculture en tant qu'engrais minéraux.

Au résumé, l'acide phosphorique, d'où qu'il vienne, existe dans tous les sols en diverses proportions dont la plus forte permettant, selon M. de Gasparin (1), de classer un terrain comme très riche, serait de deux millièmes, et dont les plus faibles, celles des terrains pauvres, seraient inférieures à un demi-millième.

Tous les autres éléments minéraux des sols existent dans la nature avec une profusion qui défie toute éventualité d'épuisement. Mais ils ne sont pas toujours également répartis, et l'on comprend que, suivant que tel élément domine ou que tel autre fasse défaut, les conditions végétatives de la terre soient différentes, de même qu'elles peuvent varier aussi, indépendamment de la composition minéralogique, avec les conditions physiques des terrains. De là naît la nécessité de la *classification* des sols qui va faire l'objet du chapitre suivant.

II.

Les sols. — Classification et conditions physiques.

L'élément terreux par excellence, celui qui fait presque toujours la base des sols riches, c'est l'*argile*, substance dont il n'a cependant pas encore été question, au moins sous ce nom, dans les nombreuses énumérations qui précèdent. Chacun connaît l'argile, sorte de matière onctueuse qui, liée par l'eau, donne ces pâtes ductiles, plastiques, transformées par la cuisson en porcelaines, faïences, terre de pipe,

pour cela que les calcaires renferment très fréquemment une certaine quantité d'acide phosphorique, dont la proportion augmente avec la teneur de ces calcaires en débris animaux.

(1) *Traité de la détermination des terres arables*, par M. P. de Gasparin membre de la Société d'agriculture de France. — 1872 — Paris, Masson.

terres cuites, briques, tuiles, etc. L'argile est un silicate d'alumine, et provient de la décomposition des nombreuses roches ignées où se rencontre ce sel. On a vu plus haut que les feldspaths et le mica en contiennent des proportions importantes, puisque tous ces corps sont des silicates d'alumine associés à d'autres substances. Toutes les roches de la famille des granites, tous les porphyres, toutes les formations volcaniques contiennent le feldspath comme partie essentielle ; le mica est encore l'un des trois éléments constituants des granites, à la seule exception de la protogyne et de la syénite où il est remplacé par le talc et l'amphibole. L'alumine entre aussi dans la composition d'autres roches, dans la chlorite et l'amphigène où elle est encore à l'état de silicate, c'est-à-dire à l'état d'argile, comme élément constituant, dans l'augite calcaire magnésienne et ferrugineuse et dans le diallage où elle entre dans la proportion de 4 p. c., dans l'amphibole et dans le péridot où elle figure seulement pour quelques millièmes.

En résumé, si l'on excepte les quartz purs, les calcaires, les dolomies et les gypses, on peut dire que toutes les roches ignées et métamorphiques contiennent en plus ou moins grande proportion l'argile ou les éléments de l'argile.

Les vastes bancs argileux qui se rencontrent sur le globe plus ou moins mélangés, plus ou moins alliés à d'autres éléments, proviennent principalement de la destruction des granites et des schistes cristallins dont les éléments quartzeux, désagrégés par l'action des eaux, ont donné naissance aux poudingues, aux sables et aux grès, tandis que les parties argileuses, réduites en poudre impalpable et tenues d'abord en suspension dans l'eau, se sont ensuite déposées peu à peu conformément aux lois de la pesanteur.

Bien rarement l'argile est parfaitement pure. Recherchée, en cet état, pour les usages industriels elle est absolument impropre à la végétation : non seulement elle ne contient pas la plupart des principes minéraux indispen-

sables à l'alimentation des plantes, mais en outre sa compacité, sa ténacité, sa plasticité même en rendraient l'ameublissement impossible et opposeraient un obstacle insurmontable à toute tendance au développement radiculaire de germes ou plantes quelconques. Aussi, en tant que terre arable , n'existe-t-elle jamais en cet état ; mais il suffit qu'elle y soit en proportion fortement dominante pour être la caractéristique d'un terrain. L'on a alors les sols *argileux*. La proportion des trois éléments constitutifs essentiels de ces sols n'est pas constante : mais on peut adopter comme moyenne les chiffres suivants (1) :

Silice	52
Alumine	33
Eau	15
Total	100

Le plus souvent une partie des autres débris des roches dont sont provenues les argiles se sont mêlés à leurs particules : grains de sable et de mica, potasse et autres matières alcalines, parcelles de carbonate et de sulfate de chaux, oxydes de fer et de manganèse, traces d'acide phosphorique. C'est même la présence habituelle de ces substances en une proportion chimiquement sinon arithmétiquement importante, qui rend l'argile,les terrains argileux, si généralement propres à toute végétation. Il faut ajouter à ces conditions chimiques la divisibilité que ces éléments étrangers apportent à la pâte du terrain ; insuffisants à empêcher celle-ci de retenir énergiquement l'eau si favorable à la végétation, ils lui enlèvent l'imperméabilité et l'excès de compacité dont nous parlions plus haut.

Un *sol argileux* où les éléments ameublissants, tels que grains de sable siliceux ou calcaire par exemple, ne sont présents qu'au minimum de la proportion nécessaire pour

(1) Frochot. *Sylviculture générale.* — Paris, Eugène Lacroix éditeur.

en faire un sol perméable, constitue ce que les cultivateurs appellent une *terre forte* ou une *terre froide*.

Lors de la décomposition des roches ignées, le sable siliceux, produit de l'écrasement ou d'un mode quelconque de désagrégation des débris quartzeux ou des grès siliceux, s'est présenté en grains généralement moins fins que les particules feldspathiques, et a été tenu par suite moins longtemps en suspension dans l'eau que celles-ci. Il a donc pu se déposer séparément et former des bancs distincts de ceux qu'a formés le dépôt des matières argileuses. Telle est l'origine première des sols *sablo-siliceux* ou simplement *sableux*, le mot « sable », quand il n'est suivi d'aucun qualificatif, s'entendant ordinairement du sable siliceux.

De même que l'argile absolument pure, le sable sans aucune trace de mélange avec d'autres substances, serait, pour des causes différentes, parfaitement impropre à la végétation. Au contraire de l'argile pure et imperméable qui retient toute l'eau qu'elle reçoit, le sable, surtout quand il est à gros grains, la laisse passer comme un crible sans en retenir presque aucune parcelle, et composé exclusivement de silice il ne contiendrait aucun autre des principes minéraux nécessaires à toute végétation. Ce serait une sorte de *terre morte* n'ayant par elle-même aucune valeur végétative. Mais en même temps essentiellement meuble ou ameublissable, divisée et ordinairement profonde, la terre de sable offre à la végétation des conditions physiques précieuses. Ces terrains proviennent pour la plupart de la désagrégation des grès, formés eux-mêmes aux dépens des quartz primitifs, mais toujours associés à d'autres substances, le plus souvent empâtés dans un ciment siliceux, argileux ou calcaire et mêlés de feldspath, d'oxydes de fer, de parcelles de mica, parfois même de débris de coquillages. Le résultat de la désagrégation de telles roches est un sable additionné dans une proportion plus ou moins importante des autres principes minéraux sans lesquels aucune végétation ne serait possible.

Les terres sableuses donnent les sols *légers*. A moins de reposer sur un sous-sol peu ou point perméable, elles font aussi des sols secs et brûlants, faute de pouvoir retenir l'unique élément de fraîcheur de la terre, c'est-à-dire l'humidité. Ce sont aussi des sols essentiellement mobiles, lorsque, atterrissements formés par la propulsion des sables d'une finesse extrême que lancent les vagues de l'Océan et que poussent les vents de mer, ils envahissent les plaines sous forme de dunes voyageuses et inconsistantes.

Si abondants, si variés, si répandus dans toutes les couches sédimentaires et métamorphiques de l'écorce terrestre, sont les roches et terrains *calcaires*, c'est-à-dire formés de carbonate de chaux, parfois associé à la magnésie (dolomies), qu'il ne saurait être question, dans cet aperçu, d'en expliquer les différents modes de formation : ce serait l'objet d'un traité de stratigraphie. Des diverses variétés du *cipolin* ou marbre statuaire à la vulgaire pierre à chaux, de la pierre de taille dure ou tendre et du moellon de nos murailles à la pierraille des murgers et à la craie friable et terreuse, nous ne sortons pas du carbonate de chaux. La craie est donc la *terre* calcaire par excellence. Elle forme, dit M. Coquand (1), plus des neuf dixièmes de tout le calcaire terreux, et se compose en grande partie d'une infinité de tests de coquillages microscopiques.

A l'état de carbonate de chaux non additionné d'autres substances minérales, un sol calcaire, de même que le sable ou l'argile à l'état pur, ne saurait constituer une terre arable. Non plus que le sable il ne retient l'eau ou l'humidité ; mais durci par elle à la surface, desséché et renvoyant tout autour de lui, grâce à sa couleur si fréquemment blanche, les rayons du soleil, il ne pourrait que former un sol aride, brûlant et désolé.

Dans la réalité des choses, il est rare que la craie, en tant que sol, hors des lieux où elle est exploitée en car-

(1) *Traité des roches* p. 163.

rière pour la fabrication de ces petits parallélépipèdes connus sous les noms de *blanc de Troyes*, *blanc de Meudon*, *blanc d'Espagne*, — ne soit pas mélangée de quelques autres substances minérales qui en atténuent plus ou moins l'aridité, l'extrême sécheresse et la stérilité.

En résumé *sol argileux*, *sol sableux*, *sol calcaire*, tels sont les trois termes auxquels se rapportent, qu'il s'agisse d'agriculture ou de culture des bois, tous les sols arables. Considérés isolément et réduits au minimum strict de matières étrangères nécessaires à la végétation, ils représentent le minimum de qualités végétatives des terres.

Mais il est encore deux éléments des sols dont nous n'avons guère parlé qu'incidemment jusqu'ici et qui ne jouent pas moins un rôle d'une importance majeure dans les qualités et l'activité de la terre végétale ; c'est d'abord l'eau ou l'humidité ; c'est ensuite l'*humus*, résultant de la décomposition des matières organiques.

L'humidité, l'eau est, nul ne l'ignore, l'un des facteurs les plus nécessaires de la végétation. Réduite à des proportions minimes, la végétation peut se concevoir à la rigueur sans un sol pour la supporter si ce sol est remplacé par de l'eau : il est des plantes qui vivent non pas *dans* l'eau, mais *sur* l'eau, n'ayant d'autre support que la surface liquide. On ne saurait pas plus concevoir la végétation sans eau, quelle que soit la richesse du sol que l'on considère, que l'on ne peut l'imaginer sans chaleur et sans lumière. Si aride, si desséché que paraisse un terrain, un rocher nu, si quelques broussailles, quelques graminées, quelques lichens parviennent à y vivre et à s'y maintenir, c'est qu'une certaine trace d'humidité a su ne pas déserter cet aride milieu. L'eau, en effet, compénètre tous les tissus de la plante ; en s'évaporant par la surface des parties vertes de celle-ci, elle provoque l'ascension de la sève ; elle est le véhicule dans le sol des éléments azotés épars dans l'atmosphère, et le véhicule de l'air lui-même qu'elle dissout dans la proportion de un trentième de son volume

pour le mettre en contact avec les racines ; enfin elle dissout directement plusieurs des sels mêlés au sol.

Des trois types simples de sols que nous avons examinés, le premier, c'est-à-dire l'argile, absorbe, avant d'arriver à saturation, 60 pour cent de son poids d'eau (l'argile plastique pure, 70 p. c.) . Le calcaire en absorbe généralement beaucoup moins ; à l'état de sable, sa capacité sous ce rapport n'est que de 29 pour cent. Celle du sable proprement dit ou siliceux est moindre encore et n'est pas supérieure à 25 p. c. L'évaporation, qui agit en raison inverse des quantités d'eau absorbées, modifie cet état de choses que rétablit en partie la faculté d'absorption par les sols de l'humidité atmosphérique. Cette faculté s'exerce dans le même sens que celle d'absorption directe des eaux pluviales ou autres ; c'est par elle que l'oxygène de l'air est fourni aux racines.

Mais il est rare qu'une terre végétale, qu'elle soit soumise à la culture ou couverte de prés ou de bois, se rattache rigoureusement à l'un des trois types que nous avons examinés. Les terres argileuses sont presque toujours plus ou moins mêlées de sable, et d'argile les terres sableuses. Quand la proportion de chacun de ces deux éléments varie de 40 à 60 pour cent, on a généralement un excellent fonds de terre arable, c'est le sol *sablo-argileux* ou *argilo-siliceux*. Les *terres granitiques* rentrent dans cette catégorie, puisqu'elles résultent de la désagrégation sur place de grains de quartz et de grains de feldspath et de mica, deux éléments dont le principe est l'argile.

L'argile peut aussi entrer en mélange avec la craie, avec l'élément calcaire. C'est un sol ainsi composé qui prend le nom de *marne :* marne argilo-calcaire (*terre marneuse*), quand les deux composants sont en proportions à peu près égales, marne calcaire ou argileuse suivant que domine l'un ou l'autre. La croissance des végétaux est généralement bien plus active sur des sols de cette nature que sur les grès ou les calcaires purs.

Les sols *silici-calcaires* se rencontrent moins fréquemment. Ils proviennent des grès à ciment calcaire, et des calcaires siliceux et sableux.

Enfin les trois types peuvent se trouver mélangés soit par égales parts, soit avec prédominance d'argile ou de calcaire. On a alors des marnes argilo-siliceuses et silici-calcaires. On comprend qu'une association en proportion convenable des trois types de toute terre végétale, doive constituer le meilleur fonds, la meilleure terre pour arriver à de bonnes conditions culturales.

Cependant la plus excellente répartition des éléments minéraux ne suffit pas, à elle seule, pour constituer un bon sol. D'autres conditions sont encore requises.

Il faut, on l'a dit, de l'humidité ; mais encore est-il nécessaire que la dose en soit comprise dans certaines limites. Mouillée à saturation, n'absorbant plus, avec l'humidité atmosphérique, l'air que celle-ci tient en dissolution, la terre ne voit plus se renouveler sa provision d'oxygène et n'en fournit plus à la plante. Au contraire, insuffisamment humide, elle se dessèche en été, ne dissout plus les sels renfermés dans son sein, et refuse aux végétaux la part d'alimentation qu'elle leur doit. Elle peut aussi, sous cette influence, devenir compacte ou, à l'inverse, inconsistante suivant la nature de ses composants.

Il faut aussi l'*humus*, dont il nous reste à parler. L'humus, partie active du terreau qui est lui-même le résultat de la décomposition des matières organiques, est d'une composition mal définie. Sa richesse en charbon varie, d'après Liebig, de 57 à 72 pour cent. Insoluble dans l'eau, il ne saurait pénétrer par voie d'absorption dans les plantes (1). Nous avons vu, dans l'étude précitée sur la couverture du sol forestier, que l'action de l'humus ne se produit pas, en effet, dans cette direction, mais que cette substance agit par voie indirecte en rendant solubles et

(1) Cf. Grandeau, *La nutrition de la plante.*

assimilables les principes minéraux indispensables à la vie végétale.

Il n'existe pas de terre arable qui ne contienne une certaine proportion d'humus. Mais cette proportion peut n'être pas suffisante. C'est le cas des terres de culture auxquelles on a fait rendre toutes les récoltes qu'elles ont pu porter sans leur restituer, par des engrais suffisants ou convenables, les matières fertilisantes qu'elles renfermaient, — et que l'on a ensuite abandonnées après épuisement. Délaissées pendant un nombre d'années suffisant, ces terres appauvries se couvriront d'une végétation spontanée et appropriée à leur état, qui leur refera peu à peu une petite provision d'humus. D'ailleurs, quand des mousses et des lichens, à la faveur de quelques parcelles d'humidité, parviennent à s'implanter sur un rocher nu, en désagrègent les molécules les plus superficielles auxquelles elles mêlent ensuite leurs détritus, ces chétives plantules créent l'humus avant d'en avoir usé elles-mêmes. Cette substance n'est donc pas originairement nécessaire à toute végétation. Puisqu'elle est le résultat de la décomposition de matières organiques et que les organismes végétaux ont nécessairement précédé les organismes animaux, il faut bien, comme le dit M. Grandeau après Liebig, qu'*avant l'humus il y ait eu des plantes* (1). D'autre part, il résulte des analyses comparatives du savant directeur de la station agronomique de Nancy que le sol forestier normal est beaucoup plus riche en humus que les sols agricoles convenablement fumés : la teneur de ceux-ci en *matière noire* (partie active du terreau, de l'humus) n'est que 76 dix-millièmes p. c., celle des sols forestiers étant de 141 dix-millièmes, presque le double. Ce résultat n'a rien d'étonnant dans des forêts où le couvert et la couverture sont soigneusement maintenus.

De ces deux faits résulte cette conséquence, qui est

(1) Cf. Grandeau, *loc. cit.*

d'ailleurs une donnée historique, à savoir que les forêts ont précédé les champs, et que l'humus originaire de ceux-ci provient des approvisionnements déposés par elles pendant leur longue et bien des fois séculaire possession du sol. Or, quand une culture abusive ou toute autre cause a ensuite appauvri un terrain au point de le rendre rebelle à tous efforts culturaux ultérieurs, c'est encore en le couvrant de végétation forestière qu'on pourra l'utiliser et, à la longue, l'enrichir à nouveau.

L'humus, on l'a vu précédemment, agit d'abord chimiquement, mais aussi physiquement et mécaniquement. Il est de sa nature léger et spongieux, il absorbe presque le double de son poids d'eau (190 p. c.) qu'il cède avec facilité au sol et aux racines ; il maintient par suite celui-ci dans un état de fraîcheur et d'ameublissement relatifs ; que le terrain soit trop exclusivement argileux, siliceux ou calcaire, pourvu d'une couche d'humus suffisante il pourra, nonobstant, produire une belle végétation forestière. Celle-ci, en effet, comme on l'a vu, réclame surtout des moyens de rendre assimilables les sels minéraux de la terre non immédiatement solubles, en même temps qu'un sol dont la compacité et l'aridité soient suffisamment atténuées, toutes conditions que remplit, en forêt, l'humus convenablement protégé par la couverture.

Mais de ce que les bois peuvent, à la rigueur, s'accommoder de toute espèce de sols, il ne s'ensuit pas qu'ils soient indifférents à leurs qualités effectives ou manquantes. Comme tous autres végétaux, ils en subissent l'influence, croissant plus lentement, plus laborieusement dans les sols plus maigres, plus arides, qui absorbent insuffisamment l'humidité naturelle de l'atmosphère, ou qui contiennent dans une moindre proportion les principes minéraux assimilables. Certaines essences sont même exclusives de certains sols, ou exigeantes, ou au moins préférantes relativement à certains autres.

Dans les sols argileux où la proportion de sable est

trop faible, inférieure à 20 pour 100 par exemple, les sels minéraux ou alcalins y fussent-ils abondants, la végétation, même forestière, sera malaisée : la terre y est trop compacte et se trouve exposée à être alternativement noyée dans l'eau, puis ensuite durcie, fendillée et crevassée par l'effet de la sécheresse, en sorte que les racines d'une part se développent mal et pénètrent avec peine à travers cette glaise, de l'autre risquent d'être ensuite déchirées ou même brisées par le retrait du sol. Ici, ce sont les conditions physiques seules qui apportent quelque entrave à la végétation.

Des causes toutes différentes rendront difficile la croissance du bois dans un sol trop exclusivement siliceux, sol de grès ou de sable à hygroscopicité presque nulle, ne retenant pas l'eau par conséquent, d'ailleurs généralement pauvre et maigre et qu'acceptent peu volontiers, que refusent peut-être absolument certaines essences. Parmi ces dernières, citons le cormier ou sorbier domestique, le pin d'Alep, à qui l'élément calcaire semble indispensable, tandis qu'il est seulement recherché et préféré par d'autres, telles que le chêne yeuse, les pomacées sylvestres et une foule d'arbrisseaux, coudriers, cornouillers, fusains, troènes, etc. En revanche, les sols siliceux conviennent essentiellement au pin maritime et au châtaignier, qui ne paraissent guère susceptibles de croître ailleurs, et pour qui l'élément calcaire à dose trop forte est un véritable poison : cette préférence impérieuse pour les sols siliceux rend le pin maritime particulièrement précieux dans le boisement des dunes de l'ouest et du sud-ouest de la France. Pour peu qu'un sol où la silice domine avec excès sur l'argile ait quelque richesse en humus, il conviendra particulièrement au châtaignier qui est calcifuge, et aussi au robinier qui veut avant tout un sol léger et divisé. Si l'argile entre pour une part importante en composition avec la silice, comme dans les terrains granitiques par exemple, tous les bois, sauf ceux qui seraient exclusivement calcicoles, y végéteront vigoureusement.

Les essences forestières qui exigent ou préfèrent les sols calcaires viennent d'être indiquées comme fuyant absolument ou n'acceptant que difficilement les terrains à base siliceuse. L'aptitude toute spéciale du chêne yeuse et des pins d'Alep et d'Autriche pour le calcaire où ils croissent en dépit de toute aridité, sécheresse et compacité du sol, donne un bien grand avantage aux deux premiers, sur les rochers dénudés et les plateaux arides des parties calcaires du littoral méditerranéen, au troisième dans les plaines crayeuses de la Champagne et terrains analogues. Que si quelque proportion d'argile et de sable ou même d'argile seule vient tempérer les propriétés exclusives de la chaux carbonatée, on obtient promptement par l'addition d'un peu d'humus un sol d'excellente qualité où, à l'exception des essences tout à fait calcifuges (pin maritime, chênes lièges et châtaignier), croîtront avec une végétation brillante toutes les essences forestières.

Il reste les sols *tourbeux*, c'est-à-dire formés par la décomposition, au sein de flaques d'eau sans écoulement, d'une végétation sans cesse décomposée et sans cesse renouvelée. Par la nature de leur sous-sol, grès ou argile, ils pourraient à la rigueur se rattacher aux terrains argileux ou siliceux ; mais leur très principal composant est de la matière organique, et s'ils pouvaient être assainis, ils fourniraient une terre agricole de premier ordre. Là où l'assainissement mécanique, par drainage ou fossés d'écoulement, n'est pas possible, on arrive parfois à un assainissement graduel par l'introduction des arbres résineux, pins et épicéas ; ces arbres sont susceptibles d'absorber une très grande quantité d'eau pour la sécrétion de leurs résines qui sont des hydrogènes carbonés. On comprend qu'en pareil cas la connaissance de la nature du sous-sol soit indispensable.

Elle n'est guère moins nécessaire dans l'étude des autres terrains. Les essences exclusives, calcicoles ou calcifuges ne prospéreront que pendant un temps dans un terrain approprié si, à faible profondeur, ce terrain repose sur un

sous-sol qui ne le soit plus. Au contraire, un sous-sol favorable est de nature à rendre indéfinie pendant la série des siècles la fertilité de massifs forestiers rationnellement dirigés : les racines y puiseront, parvenues à un développement suffisant, les principes minéraux nécessaires aux tiges et aux branches, et celles-ci, par la chute et la décomposition de leurs feuilles et de leurs détritus, rendront au sol superficiel ces substances puisées dans les entrailles mêmes de l'écorce terrestre.

III.

Les climats.

L'idée que réveille immédiatement à l'esprit le mot de *climat* est l'idée de température, et même, pour le plus grand nombre, il ne correspond guère à autre chose : climat chaud, climat froid, climat tempéré, climat variable c'est-à-dire où la température varie fréquemment, le langage courant sort rarement de là. A peine, dans des cas extrêmes, fera-t-il intervenir, pour les associer à l'idée de climat, les idées d'humide et de sec. Cependant l'état hygrométrique d'un lieu ne concourt pas moins que sa température à définir exactement le climat de ce lieu. A ces deux facteurs fondamentaux s'en ajoutent deux autres dont l'importance n'est sans doute pas moindre, mais dont l'action est moins connue, soit quant à ses variations avec les changements de lieux, comme la lumière, soit quant à ses effets envisagés d'une manière plus absolue, comme l'électricité.

Humidité, chaleur, électricité et lumière sont les quatre termes principaux, les quatre faces essentielles, suivant lesquelles la question des climats peut, au point de vue forestier aussi bien, au surplus, qu'au point de vue général de la végétation, se présenter à notre étude.

Enfin il est une condition, une disposition plutôt, qui n'existe pas toujours et qui ne concerne pas le principe même de la végétation, mais qui, là où elle est, exerce une grande influence sur le climat du lieu par les altérations ou modifications qu'elle apporte au mode d'action des agents que nous venons d'énumérer ; nous voulons parler de l'*exposition* résultant de l'inclinaison des terrains de montagne ou des coteaux. Ce facteur important mais accidentel des climats se lie à un facteur non moins important et également accidentel, celui des altitudes ; ils feront ensemble l'objet d'un chapitre spécial.

Dans son beau traité sur la Nutrition de la plante, que nous avons eu déjà l'occasion de citer, M. Grandeau étudie les quatre facteurs essentiels de la vie végétale à un point de vue plus vaste et plus général que celui des seuls climats, mais nous y pouvons trouver la plupart des données principales de cette partie de notre étude.

Hygrométrie. — Contrairement à ce que semble indiquer une observation superficielle, l'air atmosphérique est d'autant plus chaud qu'il contient en valeur absolue une plus grande quantité d'humidité, la vapeur d'eau absorbant toujours beaucoup de chaleur. Il est vrai que la chaleur absorbée par l'humidité n'arrivant pas jusqu'au sol, celui-ci s'échauffe moins que par un air sec qui se laisse traverser sans obstacle par la totalité des rayons solaires. Il suit de là que la vapeur d'eau en dissolution dans l'air joue, pour celui-ci, le rôle de régulateur de la température ; par la mobilité atmosphérique qui transporte d'un lieu à un autre la chaleur dont l'air est imprégné, cette fonction régulatrice est aussi exercée dans une certaine mesure sur la surface du sol. La vapeur d'eau qui fait comme partie intégrante de l'atmosphère, provient de l'évaporation continue exercée sur la mer, les lacs, fleuves, cours d'eau quelconques, sur le sol, sur la glace même, sur les parties tendres ou herbacées des plantes et jusque sur le règne animal par

la perspiration cutanée. Le plus ou moins d'élévation de la température exerce, on le comprend, une influence prépondérante sur l'intensité de cette évaporation universelle et fait croître celle-ci en fonction même de celle-là ; en sorte que l'atmosphère dissout de l'eau en quantité d'autant plus grande qu'elle est à une température plus haute. Le poids de l'eau pouvant être dissoute par un mètre cube d'air à 0° centigrade étant de $5^{gr}4$, — à 5° il sera de $7^{gr}3$, — à 10°, de $9^{gr}7$, — à 15°, de $13^{gr}0$, — à 20°, de $17^{gr}1$, — à 25°, de $22^{gr}5$, — à 30°, de $29^{gr}4$. La température venant, pour une cause quelconque, à s'abaisser au-dessous du point de saturation correspondant, l'humidité en excès se précipite en pluie, ou se dépose en givre ou en rosée, s'étale en brouillards ou s'élève en nuages.

L'atmosphère peut n'être chargée d'humidité qu'à un degré inférieur au point de saturation. A + 20° par exemple (saturation à $17^{gr}1$), elle peut ne contenir que $9^{gr}7$ de vapeur d'eau par mètre cube d'air, et il sera exact alors de dire que l'air est *très sec*. Mais si, la quantité absolue de vapeur d'eau restant la même, la température descend à + 10°, où la capacité de saturation de l'air est représentée précisément par cette quantité de $9^{gr}7$, l'atmosphère se trouvera être devenue *très humide*, étant à son point de saturation correspondant à cette nouvelle température. D'où l'on voit que c'est surtout l'*humidité relative* qui est à considérer dans l'étude des climats. L'état de saturation constitue une sorte d'équilibre instable par suite duquel le moindre abaissement de température entraîne une certaine condensation d'humidité en excès ; en un tel état, la quantité d'eau contenue dans l'atmosphère peut être faible en elle-même et cependant suffire à entraver l'évaporation à la surface des liquides ou des solides imprégnés plus ou moins d'humidité. Que la température vienne à s'élever sans que cette élévation soit accompagnée d'un accroissement proportionnel de vapeur d'eau, l'évaporation sera aussitôt activée et le fonctionnement de toute vie ani-

male ou végétale se produira avec une facilité plus grande, on aura un air sec, ou, plus vulgairement, il fera un temps sec, il fera beau temps.

Toutefois, comme l'humidité relative dépend, après tout, de l'humidité absolue, on ne saurait négliger celle-ci. Il est clair que, toutes choses égales d'ailleurs, là où le voisinage d'une grande nappe d'eau, comme la mer par exemple, jette dans l'atmosphère une masse de vapeur considérable, l'humidité relative (c'est-à-dire *le rapport entre la quantité de vapeur d'eau existant dans l'air à une température donnée et celle qu'il faut pour saturer cet air à la même température*), sera plus sensible que là où les sources d'évaporation se borneront au sol, aux moyens cours d'eau, etc. De là la distinction entre les *climats maritimes* et les *climats continentaux*. Ces derniers sont généralement secs, et les climats maritimes humides, la fraction de saturation de l'air, autrement dit l'humidité relative, s'y abaissant rarement au-dessous de 80 p. 100. Cependant la relation n'est pas proportionnelle entre l'humidité absolue et l'humidité relative d'un même lieu : le matin, au lever du soleil, le maximum d'humidité relative coïncide ordinairement avec le minimum d'humidité absolue, et au contraire, en juillet, l'humidité absolue atteint son maximum annuel, exprimé par une tension de $11^{mm}626$ de mercure, bien près de l'époque où la fraction de saturation parvient, en août, à son minimum représenté par le taux centésimal de 66,1 (1).

Nous ne pourrions, sans allonger démesurément ces pages, exposer ici le mode de formation de la rosée, de la gelée blanche, cette rosée congelée, du givre, du verglas, des brouillards et des nuages, de la pluie et de la neige, tous phénomènes résultant de l'action combinée de l'humidité atmosphérique et de la température. Mais quelques mots sont nécessaires sur l'importance et sur le rôle de la pluie relativement à la végétation. On s'en ren-

(1) Chiffres représentant des moyennes et provenant d'observations relatées par M. Grandeau, *loc. cit.*

dra compte en pensant que les feuilles du tilleul contiennent 55 p. 100 de leur poids d'eau, celles du chêne commun, 57,4 p. 100, le bois de cette dernière essence, le bois dur par excellence, au moins en nos climats, 35 p. 100, et le tissu ligneux du saule, un bois blanc, 60 p. 100 (1). La surface d'évaporation des arbres est d'ailleurs énorme. Il faut donc, pour faire face à la fourniture d'eau constitutive du matériel des forêts ainsi qu'à leur dépense journalière en cette substance, un minimum annuel pour restituer aux racines l'eau que la tige et la cime ont consommée. Ce minimum varie avec les sols, étant plus élevé dans les terrains de sable et inférieur dans les terres argileuses, mais davantage encore avec la température des lieux : plus sont chauds le sol et l'atmosphère, plus, par conséquent, le climat est sec (2), plus est élevé le minimum annuel d'eau nécessaire à la végétation. Aussi, très variables entre les différents points du globe, les quantités

(1) *Loc. cit.*, pp. 207 et 208.

(2) Cette assertion ne contredit pas celle du début de ce paragraphe où il est dit que l'air atmosphérique est d'autant plus chaud qu'il contient une plus grande quantité d'humidité. Nous avons vu que la sécheresse ou l'humidité de l'air tiennent à la fraction de saturation non à la quantité absolue de vapeur d'eau, si bien que le maximum de cette dernière peut coïncider avec le minimum de la première et réciproquement. La capacité de l'air pour dissoudre la vapeur d'eau (autrement dit le point de saturation) croissant avec la température, il est facile de comprendre que, le sol étant très chaud et la température s'élevant plus qu'à proportion de l'accroissement possible de l'humidité atmosphérique, un climat soit à la fois chaud et sec. Cela n'infirme point d'ailleurs cette autre assertion que « les climats les plus froids sont aussi les plus secs » émise dans le précédent numéro de ce recueil, p. 405, par M. Aimé Witz, dans son élégante étude sur le rôle de l'eau dans l'atmosphère. En effet, le poids de l'eau dissoute dans un mètre cube d'air à zéro étant de 5gr4, à —5°, il ne sera plus que de 4gr, et de 2gr9 à —10°, enfin de 1gr5 seulement à —20°. Quelle que puise être la fraction de saturation en des conditions pareilles, l'humidité de l'air sera toujours très peu sensible. Peut-être serait-il plus généralement exact de dire, non pas précisément que les climats les plus froids sont aussi les plus secs, mais que les climats les plus secs sont les plus sujets à de profonds abaissements de température. On ne peut pas prétendre assurément que le climat du Sahara ne soit pas chaud ni qu'il soit humide. S'il est un exemple type de climat torride et très sec, c'est assurément celui-là : on sait qu'il y fait *froid* une heure avant le lever du soleil à cause du rayonnement nocturne que n'atténue aucune humidité en suspension ou dissoute dans l'atmosphère.

de pluie qui tombent annuellement sont-elles généralement constantes pour un même lieu, et leur abondance, extrême dans la zone intertropicale, diminue-t-elle graduellement de l'équateur vers les pôles. Cette décroissance n'est sans doute pas uniforme ; une foule de circonstances comme le voisinage ou l'éloignement des mers, les lignes isothermes, la direction des vents dominants, etc., modifient l'application de cette loi. Dans nos régions occidentales la répartition des pluies principales a lieu de cette manière : la Norwège, les Pays-Bas, les Iles Britanniques et les côtes ouest de France ont leurs pluies dominantes en automne. L'est de la France, le Danemark et l'Allemagne les ont en été.

Chaleur. — La chaleur étant l'une des conditions nécessaires de la végétation, les formes et les modes de développement de celle-ci changent, on le comprend, suivant les températures extrêmes et moyennes de chaque lieu. Telles plantes réclament une somme de chaleur importante, et telles autres supportent des froids extrêmes. En Sibérie le mélèze, dit-on, résiste à des températures de — 35° à — 40° (1). Dans les Alpes et les Carpathes le pin cembro, le rhododendron ferrugineux, non loin de la limite des neiges perpétuelles; par 70° et 71° de latitude nord l'aune vert, les saules à cinq étamines, pourpre, herbacé, le bouleau blanc, supportent des froids que n'endureraient pas impunément le sapin ni les races les plus septentrionales du pin sylvestre : ce dernier cependant résiste, lui aussi, à des froids de 40° (2). Mais l'*Araucaria excelsa*, l'*Eucalyptus globulus*

(1) Grandeau, *l. c.*

(2) A. Mathieu, sous-directeur de l'École forestière de Nancy, *Flore forestière*, 3e édition, 1877. — Paris, Berger-Levrault. — Le pin sylvestre est bien, au point de vue climatérique, la plus rustique de toutes nos essences forestières; car tandis qu'il supporte sans sourciller, dans le nord de l'Europe, 40 degrés de froid tout en se contentant de 3 mois de végétation par an, transporté dans le sud il s'accommode d'un repos hibernal de 3 à 4 mois et résiste à des chaleurs de +35°. Cependant il faut qu'il soit amené graduellement à supporter des froids aussi vifs. Quelques pins sylvestres, habitués à une température plus clémente, ont été gelés en décembre 1879.

succombent à — 2°, tandis que les plantes spécialement tropicales exigent une température minima de plusieurs degrés au-dessus de zéro et supportent des chaleurs auxquelles seraient impuissantes à résister les plantes de la zone tempérée.

Ce ne sont pas seulement les *maxima* et les *minima* des températures qui sont à considérer, mais aussi les températures moyennes et les sommes de chaleur annuelle. Ainsi l'on a pu constater que le mélèze, bien qu'il croisse à des altitudes plus froides que l'épicéa, exige cependant, pendant la saison végétative, un total de 1672 degrés centigrades, tandis que l'épicéa se contente de 1450°. En revanche, ce dernier veut une température *moyenne* estivale en juillet de + 10° au moins, et ne supporterait pas plus de + 18° ou + 19°; il lui faut, en janvier, une *moyenne* qui ne descende pas au-dessous de — 12° à — 13°. La moyenne *annuelle* du mélèze doit être comprise entre + 1° et + 8° (1).

Pour nous en tenir aux climats de la zone tempérée ou, en précisant davantage, de notre Europe occidentale, observons que s'il est des plantes, — des essences, au point de vue qui nous occupe ici, — caractéristiques des climats où elles sont indigènes, comme le pin cembro, le mélèze, le sapin, arbres des climats froids, le pin d'Alep, l'yeuse (*Quercus ilex*), le micocoulier de Provence (*Celtis australis*), arbres des climats méridionaux, il en est d'autres dont l'aire de végétation beaucoup plus étendue s'adapte à des conditions climatériques fort différentes. Le pin sylvestre s'élève au nord jusque par delà le 70° parallèle (70°20) régnant du nord de la Laponie à l'extrême orient de la Sibérie; et dans les montagnes de la province de Grenade, au sud de l'Espagne (Sierra Nevada), on le retrouve encore par 37° de latitude, à peu de distance de Gibraltar et du Maroc. Le fayard ou hêtre commun (*Fagus sylvatica*),

(1) Ibid.

moins étendu du côté du nord et de l'est, se rencontre au nord de Christiania en Norwège et sur les pentes de l'Etna en Sicile ; en longitude il va du milieu du littoral ouest de la Caspienne à l'Atlantique. Plus vaste est l'aire géographique du chêne pédonculé (*Q. pedunculata*) : de l'est à l'ouest elle s'étend des monts Oural et du littoral de la Caspienne à celui de l'Atlantique, tandis que ses confins polaires s'élèvent en Norwège jusqu'au 63e degré, sa limite méridionale passant par l'Estramadure, la Sicile, l'Asie Mineure, la Géorgie. L'aire la plus étendue est peut-être celle du bouleau dont l'une des deux variétés communes (*Betula pubescens*) croît spontanément du cap Nord par 71° de latitude boréale jusqu'à la Crimée et au golfe de Trieste par 46°, l'autre (*B. verrucosa*) remontant au nord jusqu'à Saint-Pétersbourg et à l'ouest du golfe de Bothnie, descendant au sud jusqu'au détroit de Messine et aux flancs de l'Etna (1) entre le 37e et le 38e parallèle.

D'autres essences principalement mais non exclusivement adaptées à certaines zones se rencontrent ou s'entrecroisent dans une zone intermédiaire. Le charmille ou charme commun (*Carpinus betulus*) descend de Seeland et de Riga à une ligne méridionale qui, passant par le littoral sud de la Caspienne, à travers l'Asie Mineure, le sud de la Morée et de l'Italie qu'elle côtoie à l'ouest jusqu'à Gênes, se dirige ensuite sur Toulouse et de là remonte, du sud au nord, au sud de l'Écosse : le pin maritime, répandu sur les côtes occidentales de France et de Portugal croît et prospère en France, soit naturellement, soit par introduction de main d'homme, dans tout le midi, le centre et l'ouest. Sensible au froid, il n'a pu résister, au delà du 45e ou 46e parallèle sauf sur le littoral atlantique, au rude hiver de 1879-1880. Mais, sa station ainsi réduite, il représente bien encore au sud et à l'ouest, avec le charme à l'est et au nord, l'entrecroisement des essences à climats non exclusifs.

(1) Ibid.

Du reste les fonctions végétales s'exercent différemment suivant que les plantes reçoivent une somme de chaleur plus ou moins grande. Ainsi M. Tisserand, dans son Mémoire sur la végétation du nord de l'Europe, a montré que l'activité végétative d'une même espèce est beaucoup plus grande dans les hautes latitudes que dans les latitudes méridionales. Du blé semé à Lynden près du cap Nord, dès que la neige disparue a permis de labourer hâtivement et de semer, c'est-à-dire dès le 10 juin, fournit, si le ciel est serein, une abondante récolte à la fin d'août, soit après 72 jours de végétation : la somme des degrés de chaleur diurne observés à l'ombre est seulement de 675°. Le même grain semé à Upsal à 10° de latitude plus au sud (60e parallèle) croît et murit en 122 jours avec une somme de 1546° observés de la même manière ; et à Paris, vers le 1er août, après 138 jours de végétation il mûrit sous l'action d'une somme de chaleur de 1970°. Il faut donc que la faculté d'assimilation soit d'autant plus énergique dans la plante qu'elle croît plus au nord, quand elle y peut croître. On a pu constater cette loi singulière mais non encore en donner l'explication. Le fait est d'autant plus curieux que c'est par l'activité respiratoire des plantes que se mesure leur activité végétative générale, et que cette activité respiratoire croît sensiblement avec la température. Soumis à l'expérience, dans l'obscurité il est vrai, des rameaux de pin du Népaul (*P. Excelsa*) du poids de 100 gr. n'ont fourni, en dix heures, que 25 milligrammes d'acide carbonique à la température de 12° ; or, à la température de 30°, ils en ont fourni 139 gr., près de six fois autant, dans le même nombre d'heures. Des résultats à peu près semblables ont été obtenus avec le marronnier d'Inde. Mais la chaleur agit encore en modifiant les produits de l'activité de la plante suivant une loi qui varie avec les espèces : à zéro, le pin maritime (*P. pinaster*), par exemple, dégage en volume, 50 d'acide carbonique pour 100 d'oxygène absorbé ; à 13° le rapport est de 77 pour

100 ; à une température beaucoup plus élevée ce rapport finit par être égal à l'unité, c'est-à-dire que le dégagement de gaz carbonique est égal à l'absorption du gaz oxygène ; enfin à 40° cette dernière est dépassée dans le rapport de $114^{vol.}$ CO^2 pour $100^{vol.}$ O (1). L'on sait que, dans sa combinaison avec le carbone, l'oxygène subit une contraction par suite de laquelle un volume du gaz composé est égal au volume du gaz simple concourant à sa composition ; autrement dit, un litre par exemple d'acide carbonique renferme un litre d'oxygène. Lors donc que le dégagement du gaz composé est inférieur au volume du gaz composant, c'est qu'une partie de celui-ci n'a pas été employée ou a été employée d'une autre manière ; et bien que des expériences réalisées seulement dans l'obscurité ne puissent suffire, en pareil cas, à donner aux faits une explication suffisante, elles font néanmoins pressentir les causes pour lesquelles chaque végétal peut prospérer dans certaines limites climatériques en deçà et au delà desquelles il dépérit ou disparaît. Elles permettent d'entrevoir aussi la raison d'être de la différence des produits que fournit un même végétal sous des influences calorifiques diverses. Nous jetterons un peu plus loin un coup d'œil sur ces différences de produits au point de vue sylvicole, c'est-à-dire sur les qualités plus ou moins appréciables du bois par suite de ces influences, lorsque nous parlerons de cet élément important de modification locale des climats qu'on appelle l'exposition.

Ne terminons pas un paragraphe consacré au rôle de la chaleur dans les climats, sans parler de l'action régularisatrice de l'humidité atmosphérique là où elle est produite en plus grande abondance, comme sur tout littoral maritime. Toutes choses égales d'ailleurs, un climat maritime est toujours moins froid en hiver et moins chaud en été que les climats continentaux correspondants. Nous avons vu que le pin maritime remonte, à l'ouest de la France,

(1) Cf. *Annuaire de Montsouris*. 1881, pp. 187 et suiv.

jusqu'au nord de ce pays, tandis qu'à l'est et au centre il ne dépasse guère, impunément, le 46e parallèle. Il y a des faits plus caractéristiques. Le chêne tauzin (Q. *tozza*) et le chêne yeuse, deux essences sensibles au froid et tout à fait méridionales, se rencontrent, le premier jusque dans la Loire-Inférieure, dans Maine-et-Loire, Sarthe, Mayenne; le second, plus loin encore, Ille-et-Vilaine, Morbihan, Côtes-du-Nord. Les figues mûrissent, dit-on, à Cherbourg, et le sequoia ou taxodium sempervirens, si sensible au froid dans l'intérieur des terres, ne gèlerait jamais sur les rivages du nord-ouest. Ces faits remarquables s'expliquent sans doute par la grande humidité de l'air qui absorbe ainsi et conserve une plus grande quantité de chaleur : mais une deuxième cause vient s'y ajouter, c'est la chaleur relative des eaux du golfe de Gascogne et de la partie occidentale de la Manche réchauffées par le voisinage du Gulf-Stream.

L'été venu, l'humidité atmosphérique due à l'évaporation maritime continue bien sans doute à absorber de la chaleur, mais en même temps elle intercepte une portion de la chaleur rayonnante émise par le soleil, tandis que les brises de mer apportent de temps à autre au rivage une partie de la fraîcheur relative de la surface des eaux.

Parlons maintenant, toujours au seul point de vue du climat, de l'action de la *lumière*.

Pas plus que la chaleur, la lumière du soleil n'est également répartie sur la terre. Au pôle, un jour ininterrompu d'une demi-année succède à une nuit non moins longue. Les rayons obliques envoyés à cet empire du froid sont colorés des diverses nuances du jaune et du rouge, comme aux levers et aux tombées des beaux jours en nos régions tempérées, et de longs crépuscules atténuent la durée d'une nuit de six mois qu'illuminent parfois les clartés des aurores boréales. A l'équateur, au contraire, le soleil, voisin du zénith, envoie verticalement à la terre sa lumière éblouis-

sante pendant des jours invariables de douze heures alternant toute l'année avec des nuits égales. Et de l'équateur au pôle s'observe toute la série intermédiaire entre ces effets extrêmes de l'inclinaison de l'axe terrestre sur le plan de son orbite.

Mais cette inégale répartition se confond avec celle de la chaleur, et si l'action chimique de la lumière sur les tissus végétaux, particulièrement pour l'élaboration de la chlorophylle, l'assimilation du carbone et la fabrication des substances hydrocarbonées, a pu être reconnue et constatée, il n'a pas été possible jusqu'ici de déterminer dans quelle mesure elle se distingue de l'action calorifique de cette même lumière. Si donc l'on possède une certitude entière sur la part considérable et probablement prépondérante de l'action lumineuse dans la vie végétative, l'on en est encore réduit aux conjectures quand il s'agit de discerner les diverses influences qu'elle exerce.

En général l'action lumineuse est la compagne inséparable de l'action calorifique quand il s'agit de l'envisager dans la généralité qu'impose l'étude de tel ou tel climat. Cependant on peut se demander, par exemple et avec toute vraisemblance, si cet accroissement d'activité végétale que l'on constate dans les latitudes polaires ne tiendrait pas à ce que la prolongation en quelque sorte indéfinie des journées prolongerait d'autant l'assimilation du carbone. La durée de la coloration de la lumière solaire en jaune et en rouge aux aurores et crépuscules, laquelle croît à mesure qu'on se rapproche des régions polaires, doit aussi avoir son influence sur la végétation des climats froids. Comparée à l'action de l'humidité, celle des rayons lumineux est un peu plus facile à distinguer. Une plante entourée d'humidité, mais privée de lumière ou d'une dose suffisante de lumière, verra ses tissus gorgés d'eau à l'état en quelque sorte stagnant ou ne se renouvelant qu'avec une lenteur extrême ; elle ne se développera qu'aux dépens de la matière antérieurement organisée par elle, n'élaborant un nouvel or-

gane qu'en épuisant quelqu'un des organes préexistants, car ni ses racines, ni ses feuilles ne la pourvoient des matériaux extérieurs qui lui seraient nécessaires ; peu à peu elle s'étiolera et finira par périr. Ce résultat final se réalisera également, quoique par une voie différente, pour une plante saturée de lumière mais dépourvue d'une dose suffisante d'humidité à son pied et autour d'elle : elle aura à fournir, aux réactions chimiques provoquées par une vive lumière, plus d'hydrogène qu'elle n'en pourra préparer au moins avec une rapidité suffisante ; elle se flétrira et périra par dessiccation. Mais avec beaucoup de lumière et beaucoup d'eau (1), si le sol contient d'ailleurs les matières assimilables requises, la plante pourra atteindre son maximum de développement..., moyennant toutefois une suffisante dose de chaleur accompagnant la lumière (2) !

D'où l'on voit que, en plus des éléments d'alimentation proprement dite, ces trois conditions sont inséparables de toute possibilité de végétation : humidité, chaleur et lumière. C'est pourquoi les plantes, — arbres, arbustes ou herbes, — ne peuvent vivre que dans les limites géographiques où ces trois conditions sont plus ou moins remplies, et ne peuvent parcourir le cycle d'une végétation vraiment prospère que là où elles se réalisent en une mesure suffisante et dans des proportions convenables.

Électricité. — Que l'électricité ait une action importante dans la végétation, c'est ce qui ne saurait être révoqué en doute aujourd'hui. Déjà au siècle dernier, Duhamel-Dumonceau, Bertholon, l'abbé Nollet avaient constaté par d'ingénieuses expériences l'influence favorable très sensible

(1) Nous disons *beaucoup* d'eau, en entendant ce mot dans le sens d'une quantité égale à celle qui peut s'évaporer et se décomposer sous l'influence de la chaleur et de la lumière. En proportion plus forte, comme on l'a vu au chapitre de la classification des sols, l'eau noie en quelque sorte la plante en ne laissant plus pénétrer l'air atmosphérique à ses racines et ne renouvelant pas leur provision d'oxygène.

(2) Cf. *Ann. de Montsouris*, 1881, p. 230.

de cet agent ; de nos jours M. Grandeau, par un procédé inverse de celui de l'abbé Bertholon, mais plus analytique et plus perfectionné, est arrivé au même résultat. Cependant, s'il résulte de là que l'électricité soit un facteur très important, nécessaire même, d'une *bonne* végétation, il ne parait pas encore absolument prouvé qu'il soit indispensable, comme les trois précédents, au principe végétatif lui-même. Mais il suffit qu'il soit nécessaire à une *bonne* végétation, c'est-à-dire en définitive à une végétation normale, pour qu'il y ait lieu d'en tenir grand compte : or il résulte des observations et des savantes recherches de M. Grandeau que, « toutes choses égales d'ailleurs, qualités physiques et chimiques du sol, température, exposition, climat, *la végétation prendra un plus grand développement dans les lieux où l'action électrique de l'air peut se faire sentir* (1). » Peut-être cette action a-t-elle une part d'influence, concurremment avec la lumière, dans cette activité croissante des végétaux avec leur rapprochement de la zone polaire où l'électricité a des manifestations si fréquentes : si ce n'est là qu'une conjecture, elle est du moins plausible. Il n'est pas invraisemblable non plus que l'accroissement progressif de l'électricité, à mesure que l'on s'élève à de hautes altitudes, contribue à cette assimilation plus parfaite des matières organiques par les arbres et par les herbes des pâturages, dont nous avons parlé dans une précédente étude sur le couvert et la couverture du sol forestier.

IV.

Les Altitudes.

Pris dans son ensemble, le système orogaphique du sphéroïde terrestre est soumis à cette loi remarquable que les hauteurs moyennes de ses montagnes vont généralement

(1) L. Grandeau. *l. c.*

en diminuant de l'équateur vers les pôles, la limite des neiges perpétuelles s'abaissant avec elles au point de se réduire à zéro en dépassant les cercles arctique et antarctique. Si l'on considère une montagne atteignant cette limite en un point quelconque du globe, cette montagne offrira sur ses flancs la succession graduelle de tous les climats existant à partir du climat général de la latitude sous laquelle elle est située jusqu'aux régions polaires. En sorte que, placées dans la zone équatoriale elle-même, de telles montagnes comme Antisana, Cotopaxi ou Chimboraço (1), offrent des réductions, sortes de miniatures du système climatérique du globe. Aussi Humboldt a-t-il pu comparer aussi ingénieusement qu'exactement ce dernier à un groupe de deux immenses montagnes réunies et comme soudées par une base commune, le plan de l'équateur, et portant leurs sommets aux deux extrémités d'une perpendiculaire traversant cette base de part en part, l'axe terrestre. Puis donc que la succession des climats est soumise aux mêmes lois suivant les altitudes des montagnes que suivant les latitudes de chacun des deux hémisphères, la considération de l'altitude d'un lieu est indispensable à la détermination de son climat. Toutefois, elle n'y est pas essentielle comme celle de l'humidité, de la chaleur et de la lumière ; cette condition est seulement accidentelle ainsi que celle des expositions qui lui est corrélative, puisque, comme elle, elle est nulle ou insignifiante en certains cas. Mais vu son extrême importance partout où elle existe et surtout sous le rapport forestier, les montagnes (*saltus*) étant par excellence le lieu ou la patrie des forêts, on a cru devoir lui consacrer, à elle et à la question des expositions, un chapitre spécial.

On a vu plus haut que la décroissance de température des altitudes est, au moins dans la zone tempérée et moyennement, de 0°,56 par 100 mètres, soit de 1° par 180^{m},

(1) Antisana, sommet à 5800^{m} du niveau de la mer, Cotopaxi à 5752^{m} Chimboraço à 6530.

et qu'une différence d'altitude de 90 mètres environ correspond à une différence de 1 degré entre les latitudes (1).

Les effets de ces écarts ne se manifestent pas seulement dans la température, mais aussi dans l'humidité atmosphérique, dans la répartition des rayons lumineux et de l'électricité.

Sous le rapport de l'humidité, l'on connaît l'action condensatrice des montagnes sur la vapeur d'eau en dissolution dans l'atmosphère : aussi les hauts sommets sont-ils fréquemment enveloppés de nuages. La tension de l'humidité est toujours très faible en raison du froid qui y règne, et cependant l'humidité *relative* change peu malgré les variations considérables de l'humidité absolue, comme le montrent les chiffres suivants obtenus par des observations faites en 1832 et 1833 à Zurich, au Righi et au Faulhorn (2).

	Tension de la vap. d'eau.	Fraction de saturation.
à Zurich, altitude de 547^{m}	4^{mm}865	74,6
— — 547	4 , 102	74,8
au Righi Kulm, alt. 1800	3 , 037	84,3
au Faulhorn — 2730	1 , 830	74,4

On voit que, pour une humidité absolue deux ou trois fois moindre entre les deux altitudes extrêmes, l'humidité relative peut rester sensiblement égale, de même qu'elle peut croître avec la diminution de la première. Aussi la station des nuages en montagne est-elle d'autant plus fréquente qu'on s'y élève à de plus grandes hauteurs.

On a constaté que la quantité de pluie diminue à mesure qu'on s'élève en verticale *dans l'air*, de même que l'humidité atmosphérique décroît à mesure que l'on s'éloigne ho-

(1) Ces appréciations dues à M. Grandeau, s'appuyant sur les données fournies par Alex de Humboldt et par M. Boussingault, ne sont pas unanimement admises. Dans le *Cours complet de météorologie* de M. Kæmtz, traduit par M. Ch. Martin et cité dans le *Cours élémentaire de culture des bois* de MM. Lorentz et Parade, 6e édition, on peut lire ce passage : « Dans la plus grande partie de la France, 200 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer équivalent à peu près à un degré de latitude. »

(2) Cf. Grandeau, *l. c.*

rizontalement de l'équateur. Cependant, toutes choses égales d'ailleurs, il tombe plus de pluie dans les hautes régions *montagneuses* que dans les pays de plaines, et cela pour deux raisons : les montagnes opposent un obstacle au déplacement des nuages qui viennent s'accumuler autour de leurs sommets, et de plus agissent, comme on vient de le dire, en condensateurs de l'humidité. Lorsqu'une masse quelconque d'air chaud s'élève rapidement de la plaine ou de la vallée vers un versant ou un plateau élevé, elle augmente de volume par suite de la diminution de pression et se refroidit, et le point de saturation s'abaissant avec la température l'humidité atmosphérique se condense en nuages ou en pluie. Du pied des Alpes à leurs sommets situés à 3 et 4 mille mètres d'altitude, le refroidissement d'une masse d'air est d'une vingtaine de degrés : quoi d'étonnant qu'une condensation considérable de vapeur d'eau s'ensuive! Réciproquement si un brusque courant d'air froid vient à se former de haut en bas, le volume de la masse diminuera, il y aura réchauffement, le point de saturation remontera et les nuages se dissiperont. Ainsi s'explique l'alternative fréquente de formation rapide et de subite disparition des nuages dans les montagnes.

Le mode d'éclairement du sol et de l'atmosphère subit aussi de profondes modifications sous l'influence des hautes altitudes. La densité de l'air étant sensiblement moindre en haut lieu que dans la plaine, les rayons solaires n'y sont absorbés que dans une proportion beaucoup plus faible : il en résulte, par les jours clairs et sans nuages, un éclairement beaucoup plus intense qu'en lieu bas à la même latitude, et en même temps un échauffement du sol et de sa superficie beaucoup plus prononcé. Là est sans doute l'explication de cette impression de chaleur beaucoup plus vive que l'on éprouve à certains moments de la journée en montagne, comparativement à la plaine ou à la vallée. M. Grandeau dit avoir fréquemment observé en juillet, aux environs de l'hospice du grand Saint-Bernard, des tempé-

ratures de 45 à 50 degrés sur les schistes micacés dont se compose le sol, alors que celle de l'air ne dépassait pas, à midi, 6° à 7°.

Ce n'est pas seulement l'état hygrométrique de l'atmosphère, ce ne sont pas seulement les intensités calorifiques et lumineuses des rayons solaires qui subissent l'influence de l'altitude. L'état électrique de l'air varie avec les niveaux, et les taux de substance verte et de matières minérales élaborées par les plantes sont en relation, M. Grandeau l'a constaté, avec l'état électrique de l'atmosphère modifié lui-même par les altitudes : plus on s'élève en hauteur, plus les feuilles des arbres voient leurs dimensions superficielles s'affaiblir, plus aussi diminue le taux de leur teneur en cendres. Quelques chiffres empruntés à la *Statistique chimique des forêts* de ce savant (1), rendront le fait sensible : ils s'appliquent à des feuilles de hêtre mesurées avec soin, de manière à avoir la surface exacte de mille feuilles recueillies à diverses altitudes et dosées quant à la proportion de cendres qu'elles contiennent.

Localités et altitudes.		Surface de 1000 feuilles.	Teneur en cendres.
Aschaffenbourg	à 133m	3mc414	
Odenwald	à 237	2,128	6,97 p. 100
Guttenbergerwald	à 324	2,111	6,70 —
Unterhüttenwald	à 685	1,500	5,52 —
Lusengipfel (limite supérieure du hêtre, comme dans les Vosges)	à 1344	0,910	3,94 —

Entre les deux altitudes extrêmes la différence de surface de la feuille est de 63 p. 100 en faveur de la plus basse. Le taux des cendres diminue dans le même sens ; on l'a constaté aussi pour le mélèze et l'épicéa. Un fait semblable se révèle pour l'herbe des prés qui, dans les prairies basses, donne 6,02 p. 100 de cendres, et 2,91 p. 100 seulement

(1) Cf. *Annales de la Station agronomique de l'Est*, 1878, p. 322.— *Nutrition de la plante*, 1879, p. 323.

dans les hauts pâturages. Il semble donc que dans les régions élevées le végétal, sans doute sous l'influence de l'électricité, use en moins grande quantité que plus bas des principes minéraux nécessaires à son existence, et n'ait besoin également que d'une quantité moindre de matière verte, puisqu'il l'élabore dans une proportion plus faible sans que, au moins dans une certaine limite, ses dimensions en soient diminuées.

L'action de la lumière, celle de la chaleur et très probablement de l'électricité, comme aussi les conditions hygrométriques de l'air et du sol, sont plus ou moins modifiées, à toutes altitudes, avec l'exposition des terrains en pente. L'*exposition* d'un versant, d'un sol incliné quelconque, n'est autre chose que le côté de l'horizon qu'il regarde, auquel il fait face. L'influence modificatrice de l'exposition sur le climat d'un lieu en pente est d'autant plus sensible que cette pente est plus forte, si ce lieu est situé à des altitudes non-extrêmes. Les quantités de lumière, de chaleur et d'humidité perçues par sa superficie en dépendent dans une mesure qui peut être considérable. La durée de la présence du soleil sur ce terrain (plus brièvement, la durée de l'insolation), dépend en effet de son degré de déclivité et surtout de son orientation. Au plein regard du sud, il recevra toute la journée les rayons directs du soleil pendant la belle saison ; exposé au plein nord il ne les verra presque jamais. On comprend sans peine que là où le climat général, le climat de latitude, est déjà très chaud par lui-même, le tempérament apporté par une exposition septentrionale ou l'aggravation résultant d'un aspect méridional ne le modifie pas d'une manière caractéristique ; mais si, à la même latitude, on s'élève à une hauteur qui fasse du climat très chaud de la vallée un climat tempéré, l'exposition nord, s'ajoutant à l'altitude, peut le rendre froid, et l'exposition sud lui restituer au contraire son caractère de climat chaud (1).

(1) Il ne faudrait pas, toutefois, étendre cette donnée à des conséquences

A des expositions moins nettement tranchées que le plein nord ou le plein sud, on a des effets intermédiaires ou mixtes. On pourra s'en rendre compte par l'étude des deux tableaux de la page suivante, dont les éléments ont été empruntés à Haberland d'après M. Grandeau. Le premier donne le nombre d'heures de présence directe du soleil aux diverses expositions au moment des équinoxes ; le second donne les mêmes indications pour le jour du solstice d'été, augmentées de celles des heures où le soleil fait exactement face au versant.

A l'aide de ces deux tableaux, on peut se rendre aisément compte de données analogues pour le jour que l'on voudra, de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne.

On peut voir que, comme il a été dit plus haut, le seul examen de ces deux tableaux révèle la part considérable d'influence que l'exposition peut avoir pour modifier le climat d'un lieu. Supposons une vallée renfermée entre deux versants de pentes à peu près égales et se dirigeant du nord-ouest au sud-est. L'une des pentes sera exposée au nord-est, elle ne sera éclairée et chauffée directement chaque jour que pendant les heures les plus fraîches de la journée à un nombre variant de trois à six; son sol conservera la plus forte part de son humidité. L'autre regardera le sud-ouest, elle sera chauffée et éclairée pendant un plus grand nombre d'heures parmi lesquelles compteront les dernières qui sont aussi plus élevées en température, l'air étant réchauffé par la chaleur de la journée, tandis qu'il est rafraîchi par la nuit quand le soleil se montre sur l'autre versant. La première sera donc une exposition *fraîche*, la seconde une exposition *chaude* et sèche, et les conditions de la végétation y seront fort différentes.

La différence serait bien plus tranchée encore pour une

extrêmes. Quand on a dépassé les altitudes qui d'un climat général chaud font un climat local moyen ou tempéré, pour s'élever aux régions tout à fait froides, l'influence de l'exposition sur la végétation va en s'affaiblissant pour devenir presque insignifiante sous la limite des neiges perpétuelles.

(I) Aux équinoxes.

(12 *heures de jour*)

Les pentes regardant le *sud-est*	reçoivent le soleil, à l'équinoxe,	pendant **9** heures (matinée et $\frac{1}{2}$ après-midi).
— — le *sud*	— —	pendant **12** heures (toute la journée).
— — le *sud-ouest*	— —	pendant **9** heures ($\frac{1}{2}$ matinée, tout l'après-midi).
— — le *nord-est*	— —	pendant **3** heures (les trois premières du jour).
— — le *nord*	ne voient pas le soleil de TOUTE LA JOURNÉE.	
— — le *nord-ouest*	reçoivent le soleil pendant les 3 dernières heures du jour.	

(II) Au solstice d'été.

(16 *heures de jour*)

Pentes au *sud-est*.	Insolation :	$\frac{1}{2}$ matinée, $\frac{1}{3}$ après-midi. Ont le soleil en face à **9** heures du matin.		
Pentes au *sud*.	—	$\frac{2}{3}$ matinée, $\frac{2}{3}$ après-midi. Ont le soleil en face à MIDI.		
Pentes au *sud-ouest*.	—	$\frac{1}{3}$ matinée, tout l'après-midi.	—	à **3** heures après midi.
Pentes au *nord-est*.	—	Les 6 premières heures du jour.	—	au moment du lever
Pentes *nord*.	—	3 premières et 3 dernières heures du jour.	—	NÉANT.
Pentes *nord-ouest*.	—	Les 6 dernières heures du jour. Ont le soleil en face au moment du coucher.		

vallée dirigée exactement de l'est à l'ouest ; on rentrerait alors dans le cas auquel nous avons déjà fait allusion plus haut : l'un des deux versants regarderait le plein nord et ne recevrait guère que la lumière diffuse, ne voyant le soleil, de l'équinoxe au solstice, que pendant une moyenne de 3 heures par jour et ne l'ayant jamais en face ; l'autre versant regarderait le plein sud, verrait constamment le soleil 12 heures par jour, c'est-à-dire toute la journée et l'aurait, à l'époque du solstice, en face de lui à midi : son sol serait particulièrement exposé à la sécheresse.

Dans un climat chaud et sec par lui-même, nos deux vallées auront un de leurs versants dans des conditions climatériques meilleures, les défauts du climat général se trouvant atténués pour lui, et l'autre dans des conditions pires, ces mêmes défauts se trouvant considérablement accrus.

L'effet inverse se produira naturellement à une haute altitude, où le climat serait froid et rigoureux à la végétation.

Si, comme il arrive le plus souvent, les effets de l'exposition se combinent avec ceux d'altitudes très différentes, on comprend aisément que les conditions climatériques les plus extrêmes puissent se trouver réunies sur un espace restreint (1).

Le degré de déclivité de la pente a aussi son impor-

(1) Un exemple assez remarquable de la variété des climats sur une faible surface de projection horizontale nous est fourni par une montagne de Provence assez célèbre, du reste, sous ce rapport. Nous voulons parler du mont Ventoux, situé par environ 2° 56′ de longitude à l'est du méridien de Paris, et par 44° 9′ de latitude boréale, entre Carpentras et la petite ville de Sault, dans le département de Vaucluse. Le sommet du mont Ventoux possède une altitude de 1912^{m} (Cf. *Ann. Bur. longit.* 1881) et son pied n'est pas très éloigné de la ville de Carpentras qui n'est élevée que de 102^{m} au-dessus du niveau de la mer. Tous les climats de l'Europe sont représentés et étagés sur les flancs et aux différents aspects de cette montagne, dont le pied baigne presque dans les plaines du littoral méditerranéen, et dont le plus haut sommet n'est recouvert que par une végétation herbacée analogue à celle du Finmark et des abords de la mer Blanche (saxifrage blanche, nigritelle pourpre, petite gentiane, violette du mont Cenis, euphorbe des rochers).

tance : les effets de l'exposition, nuls en plaine où la pente et partant l'exposition n'existent pas, vont en croissant jusqu'au maximum d'inclinaison accessible à la végétation. Ce maximum ne dépasse guère les pentes de 45° ; il faut même pour cela de ces arbres dont les racines longues et pivotantes sachent s'insinuer dans les fissures des roches et se cramponnent à leurs parois comme le sapin pectiné et les pins.

En général dans nos climats tempérés, et à plus forte raison dans les climats méridionaux, les expositions fraîches sont les plus favorables à la végétation forestière : toutefois les arbres qui parviennent à réussir sur les versants inclinés vers le sud voient leur bois, grâce sans doute à l'action plus vive de la lumière, acquérir des qualités spéciales. La fibre en est plus serrée, plus dure, plus coriace ; mais l'accroissement est plus lent et les dimensions ne sont jamais aussi grandes. Au regard de l'ouest les bois, disent MM. Parade et Lorentz, acquièrent de la souplesse et une texture forte, pourvu que les vents violents qui soufflent de cette direction dans la partie occidentale de l'Europe ne les contrarient et ne les arrêtent point dans leur croissance.

Aux expositions septentrionales, où le soleil est peu prodigue de ses rayons, l'humidité se conserve bien dans le sol et dans l'atmosphère : les arbres croissent vite et acquièrent de belles dimensions. Mais la lumière ayant eu moins de part à leur développement, ils donnent un bois d'une fibre plus molle et d'une densité moindre.

Tout compensé, tout contrebalancé, les aspects orientaux sont les plus favorables à la végétation forestière. Ils reçoivent sans doute moins de chaleur et moins de lumière que les pentes exposées au sud, et les vents qui viennent de l'est apportent moins d'humidité que ceux de l'ouest ; mais ils souffrent moins de l'excès de chaleur, et les arbres, pour y croître un peu moins vite qu'au nord, compensent avec avantage cette infériorité par la consistance et la

fermeté de leur fibre. Ils entrent un peu plus tard en végétation qu'au midi et au couchant, et leurs jeunes bourgeons y sont alors moins exposés aux gelées tardives du printemps (1). Cette règle, toutefois, n'est pas absolue : dans les pays où les gelées printanières se font sentir assez tard, il peut arriver que les essences dont l'entrée en végétation n'a pas été retardée par un hiver rigoureux et prolongé, voient leurs jeunes bourgeons, brusquement saisis par les rayons du soleil levant au sortir d'une nuit froide, passer sans transition d'une température égale ou inférieure à zéro à une température très supérieure : les tissus soudainement dilatés se brisent et se désorganisent, les bourgeons et les jeunes feuilles prennent une teinte rousse, ils sont gelés. Cet accident est surtout à redouter pour les essences des climats froids transportées dans des climats plus doux, comme le sapin commun (*Abies pectinata*) par exemple. Mais quand il s'agit de massifs forestiers exclusivement peuplés d'essences indigènes, on peut maintenir que l'aspect de l'est est l'aspect préférable.

Pour résumer l'objet des deux chapitres qui précèdent, on peut dire qu'en traitant des climats généraux sous la rubrique *Climats*, nous avons envisagé la question au point de vue de la plaine et des basses altitudes. Dans le chapitre des *Altitudes*, nous l'avons étudiée dans son application aux pays montagneux et avec toutes les modifications qu'apporte aux climats l'essence même des configurations orographiques. Ceux-ci peuvent se partager en trois groupes afférents aux *vallées*, aux *versants*, aux *plateaux*.

Les *plateaux*, dans leur acception rigoureuse, peuvent être considérés comme des plaines dont le climat résulte à la fois de la latitude et de l'altitude combinées avec l'orientation de l'abri ou des abris pouvant leur être fournis par les versants plus élevés qui les bordent ou les avoisinent.

(1) Cf. *Cours élémentaire de culture des bois*, par MM. Parade et Lorentz, 5me éd., 1867. — Art. *De l'exposition*, pp. 25 à 27.

Aux grandes hauteurs, les plateaux sont fréquemment couverts, pendant l'été, de rosées abondantes, de pluies et de brouillards qui se transforment ensuite pendant un long hiver en givres et en neiges. En de tels climats « la croissance du bois, disent MM. Lorentz et Parade, est lente et peu vigoureuse. »

Par *vallées* proprement dites, au sens climatérique, il faut entendre les vallées profondes et, par conséquent, d'une altitude relativement faible, avec une inclinaison peu sensible. Ce sont alors de véritables plaines resserrées, qui diffèrent toutefois des climats de la plaine par l'abri des versants qui les bordent : les grands vents qui se jouent sans obstacle sur les hauteurs, y ont moins d'action ; l'humidité atmosphérique y est abondante et la chaleur y est souvent très forte pendant le jour ; mais les nuits y sont froides et les brouillards fréquents, les gelées printanières y causent souvent des dégâts.

Quant aux vallées élevées et plus ou moins fortement inclinées, elles ne diffèrent pas sensiblement, sous le rapport du climat, des *versants*, et se rattachent au troisième groupe des climats montagneux. Là les conditions d'altitude et d'exposition reprennent, relativement à la latitude du lieu, toute leur action et tout leur empire ; sauf l'influence des vents dominants, dont la direction, déterminée par la position des montagnes voisines, peut changer d'une région à l'autre, nous avons donné, à propos des altitudes et des expositions, tout l'ensemble des conditions qui définissent les climats des versants.

Enfin le voisinage de la mer peut apporter à toutes ces variétés de climats son influence adoucissante et régularisatrice.

V.

De l'action des forêts sur les climats.

Une étude sur les climats, n'eût-elle pas la végétation forestière pour objectif principal, serait notoirement incomplète si elle passait sous silence l'action parfois considérable qu'exercent sur eux les grands massifs forestiers.

De même que, en nous occupant des sols, nous avons vu que si, à certains égards, les sols font les forêts, à un point de vue différent mais non moins exact on peut dire pareillement que les forêts font les sols ; de même nous allons voir avec autant de vérité que si le mode de végétation et de production d'une forêt est soumis aux conditions climatériques du pays où elle vit, le climat lui-même de ce pays peut recevoir, de la présence de grandes masses boisées, une influence considérable et, ajoutons, des plus heureuses.

Les éléments climatériques généraux sur lesquels agissent les grandes masses boisées, parfois même de simples bouquets d'arbres, sont l'humidité atmosphérique, la température et sans doute aussi l'électricité.

En ce qui concerne l'humidité atmosphérique nous aurons à distinguer, ici comme précédemment, la tension de la vapeur d'eau dans l'air ou humidité absolue, de l'humidité relative exprimée par le rapport ou la fraction à tant pour cent du point de saturation. Or il faut tout d'abord remarquer que l'état boisé ou non du sol paraît sans influence appréciable sur l'humidité absolue (1). Mais il en est tout autrement de l'humidité *relative*, et il résulte des nombreuses observations faites dans les stations de météo-

(1) Voici les moyennes d'observations thermométriques comparatives faites en grand nombre, en Bavière, en forêt et hors forêt. Nous les empruntons à

rologie forestière de Bavière, en climat moyennement humide, que les différences d'humidité relative en faveur de l'air atmosphérique sous bois sont de 3 à 8 ou 9 pour cent sur l'atmosphère en lieu découvert, moyennement 6,36 pour cent. Ces écarts vont en croissant avec l'altitude. A 333 mètres de hauteur supramarine, on a un excès d'humidité relative de 3,14 pour cent, à 489 mètres de 6,05 pour cent en moyenne, à 925 mètres de 8,79 pour cent. D'où il résulte que *l'état boisé du sol augmente la moyenne annuelle d'humidité relative de l'air dans une proportion d'autant plus grande que l'altitude est elle-même plus élevée.*

Cet état de choses ne s'explique, en présence d'une égalité que l'on peut considérer comme parfaite entre l'humidité absolue hors bois et sous bois, que par une température plus basse en forêt qu'en terrain découvert, et il suppose une plus grande abondance d'eaux météoriques, c'est-à-dire de pluies, de neiges, de brouillards, de rosée, en forêt que hors bois. C'est ce qui a été constaté directement par les belles expériences udométriques faites près de Nancy par M. Matthieu alors sous-directeur de l'école forestière, et dans le département de l'Oise par M. Faulrat sous-inspecteur des forêts : nous avons fait connaître ces importants

M. Grandeau, après les avoir converties en mesures métriques. Elles se rapportent aux quatre saisons.

	Tension en terrain découvert	Tension sous bois	Différence
	—	—	—
Hiver . . .	4mm61	4mm86	+ 0,25
Printemps. .	7,06	7,16	+ 0,10
Automne . .	7,11	7,31	+ 0,20
Été	11,72	11,70	+ 0,02
Moyennes. .	7,625	7,757	+ 0,132

Une telle différence de tension est un résultat absolument insignifiant. Il est donc exact de dire que l'état boisé d'un lieu est sans influence sur l'humidité *absolue* de l'atmosphère en ce lieu.

travaux ici-même, en rendant compte de la partie forestière de l'exposition universelle de 1878, livraison de janvier 1879. — De plus, cette abondance des eaux météoriques, dans les régions boisées, croît avec l'élévation de l'altitude.

Ainsi la forêt, le massif forestier, plus généralement l'état boisé d'une contrée, y augmente l'humidité relative de l'air en amenant celui-ci plus facilement à son point de saturation par un certain abaissement de la température : de là résulte la condensation plus fréquente de l'humidité atmosphérique sous ses différentes formes.

Mais ce qui donne à ce fait toute son importance, c'est que c'est principalement en été qu'il se produit avec le plus d'intensité. Les chiffres suivants sont les moyennes de l'excès de l'humidité relative des sols boisés sur les sols non boisés pendant les quatre saisons :

Automne : 5,22 pour cent. — Hiver : 5,26 pour cent. Printemps : 5,78 pour cent. — Été : **9,28** pour cent.

L'effet condensateur des forêts sur l'humidité atmosphérique est ainsi près du double, en été, de ce qu'il est pendant les autres saisons où il est déjà, cependant, fort accentué : car ces écarts de 5 à 6 et à 9 pour cent, sont pris sur des fractions de saturation *hors bois* qui représentent au printemps et en été un air sec (74,96 et 71,92 pour cent), en automne et en hiver, un air humide (82,72 et 84,19 pour cent), pour devenir *sous bois* un air humide au printemps et en été (80,66 et 81,20 pour cent), un air très humide aux deux saisons suivantes (87,54 et 89,43).

Les observations mensuelles corroborent et confirment pleinement les observations faites par saisons. Pendant les sept mois d'octobre à avril, les écarts varient de 3,36 à 6,85, maximum qui se révèle en février, tandis que dans les cinq mois restants, de mai à septembre, ils s'élèvent de 9,47 et 9,33 (mai et juin) à 10,07 en juillet, sans descendre plus bas que 8,44 et 8,83 en août et en septembre.

D'autres conséquences résultent des observations mensuelles.

Le maximum général de sécheresse s'obverve en mai, (66,71 hors bois, 76,18 sous bois) et le maximum d'humidité en octobre et en novembre (88,69 et 88,32 hors bois ; 92,15 et 91,68 sous bois) : la marche est donc parallèle dans les deux situations (1). Mais pendant la période de la végétation, pendant les mois chauds, l'air, hors forêt, a toujours été beaucoup plus sec que pendant les mois froids, tandis qu'en forêt il s'est montré humide pendant toute l'année, avec la différence la plus considérable en faveur du sol boisé, pendant les mois les plus chauds et la plus faible pendant la saison froide (2).

On voit donc déjà qu'un climat forestier tend à équilibrer les conditions hygrométriques de l'atmosphère en augmentant d'une manière très marquée l'humidité relative si favorable à la végétation, principalement pendant la portion de l'année où celle-ci est en activité. Il agit dans le même sens sur les variations diurnes que sur les variations annuelles : les premières ont sous bois des écarts beaucoup plus faibles que hors bois, comme le démontrent pareillement de nombreuses observations dont nous ne saurions consigner ici les résultats.

(1) D'octobre à mars la fraction de saturation *hors bois* descend graduellement de 88,69 à 81,21, (moyenne 85,13) : air constamment humide avec maximum en octobre (88,69) et novembre (88,32).— *Sous bois*, elle va de 92,16 à 84,57 (moyenne 89,45) : air constamment très humide, avec maximum en octobre et décembre (92,16).

D'avril à septembre la fraction de saturation *hors bois* descend d'abord de 76,04 au minimum de 66,71 en mai, puis remonte jusqu'à 72,89 en août pour redescendre légèrement en septembre (71,16). La moyenne est de 71,61. Air constamment sec avec maximum de sécheresse en mai. — *Sous bois*, la fraction de saturation, de 81,23 en avril, descend en mai à un minimum de 76,18 (tout près de 10 en plus du minimum sous bois), puis remonte jusqu'à 82,15 en juillet, pour redescendre à 81,33 en août et 79,99 en septembre : la moyenne est de 80,16. Air constamment humide avec minimum d'humidité en mai.

(2) Tous les chiffres produits à l'appui des développements ci-dessus ont été empruntés à l'ouvrage si rempli de faits et de documents que nous avons plusieurs fois cité dans le courant de cette étude : *La nutrition de la plante* par le savant directeur de la station agronomique de l'est, M. Grandeau, doyen de la faculté des sciences de Nancy et professeur d'agriculture à l'École forestière.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit, en janvier 1879, sur les importantes observations udométriques faites dans les stations des Cinq-Tranchées, de Bellefontaine et d'Amance aux environs de Nancy, et dans celles d'Hallotte et de Thiers (Oise). Nous nous bornerons à rappeler les lois qu'elles font ressortir, à savoir que la présence des forêts augmente la quantité d'eau pluviale reçue par la terre en une région donnée, et contribue à l'entretien, à l'alimentation et à l'accroissement des nappes d'eau souterraines.

Les auteurs de ces observations ne se sont pas bornés à l'étude des variations météoriques proprement dites ; ils ont aussi approfondi celle de l'état thermométrique. Les conclusions auxquelles ils ont été conduits se trouvent avoir leur contre-partie dans celles d'observations analogues faites en de nombreuses stations en Bavière, et la concordance parfaite des unes et des autres leur donne un caractère de certitude qu'on ne saurait méconnaître. Sans entrer ici dans des exposés de chiffres et des constructions de tableaux d'une lecture toujours plus ou moins aride et malaisée, nous indiquerons seulement les importants résultats obtenus dans cette voie.

L'accroissement de l'humidité relative en forêt, alors que l'humidité absolue ne varie pas entre le sol découvert et le sol boisé, nous a amené à conclure, un peu plus haut, à un abaissement de température dans l'atmosphère de ce dernier. Or, il résulte de toutes les observations directes sur la température que, *pendant l'été*, la température de l'air et plus encore celle du sol sont, à altitude égale, inférieures à celles des régions déboisées (1). La différence diminue en

(1) L'écart serait de 10 p. 100 environ dans l'atmosphère entre les lieux découverts et ceux qui sont boisés, c'est-à-dire que, si la température moyenne est de 10°, je suppose, en terrain découvert, elle sera, toutes autres conditions égales, de 9° sous bois ou réciproquement. — Dans les sols, l'écart est beaucoup plus considérable : d'un sol boisé à un sol que ne protège aucun couvert, la différence entre les températures moyennes ne serait pas inférieure à 21 p. 100 : si le thermomètre donnait pour température moyenne du second le chiffre de 10°, ce chiffre descendrait à 7°9 sur le

automne, pour se réduire en hiver à quelques fractions de degrés, mais elle existe toujours ; en même temps s'observe cet autre fait fort important à noter, que la moyenne des températures *minima* de chaque année est toujours plus élevée en forêt que hors forêt, tandis qu'à l'inverse la moyenne des *maxima* est toujours inférieure. Cette loi se vérifie non seulement pour les moyennes annuelles mais aussi pour les moyennes mensuelles. D'où il ressort avec certitude que l'action thermique des forêts tend à uniformiser les saisons : car, si elle produit un effet frigorifique général, qu'on ne saurait contester, mais qui est presque nul en hiver, faible en automne et au printemps, et *annuellement* fort léger (moyennement 0°,5), elle compense cet abaissement par un adoucissement sensible des températures extrêmes, régularisant ainsi la température des jours, des mois et des saisons, agissant enfin dans le même sens et de la même manière que les mers sur les climats des terres qu'elles avoisinent. En sorte qu'une région fort reculée dans l'intérieur des terres, mais abondamment boisée, serait, à latitudes égales, dans les conditions du climat littoral correspondant.

L'influence de l'électricité sur la végétation est indubitable ; mais elle est peu connue. Néanmoins l'on sait d'une manière certaine, par des expériences d'autant plus con-

premier. — Cette plus grande fraîcheur relative du sol se démontre aussi par le raisonnement. L'air atmosphérique reçoit 3 vingtièmes de sa chaleur par absorption directe des rayons solaires; le surplus, soit 17 vingtièmes, lui arrive par deux voies indirectes assez voisines, par rayonnement du sol et par le contact avec ce même sol. Or le sol des forêts ne reçoit pas directement les rayons solaires et s'échauffe beaucoup moins que les sols découverts, il rayonne donc moins de chaleur dans l'air et lui en donne également moins par contact. L'excès de cette différence a lieu entre un sol parfaitement couvert par une forêt épaisse et un sol dépourvu de toute végétation, surtout si ce sol ne retient aucune parcelle d'humidité comme celui du Sahara par exemple. On voit aussi pourquoi, son rayonnement ne rencontrant ni cimes d'arbres ni touffes d'herbes ou plantes quelconques à son voisinage, ni vapeurs atmosphériques ni nuages au firmament, puisse passer, du milieu du jour à la fin de la nuit, à des températures extrêmes, torride sous les rayons du soleil, voisine du point de congélation au moment du lever de cet astre.

cluantes qu'elles ont été faites en sens inverses (1), que la végétation croît en activité quand on ajoute à la quantité d'électricité qu'elle reçoit naturellement de l'atmosphère, et qu'au contraire elle perd une part notable de ses forces lorsque, par une cause quelconque, la dose d'électricité qu'elle est destinée à recevoir est diminuée. M. Grandeau a obtenu le dernier résultat de cette manière : il a d'abord isolé des plantes cultivées en pot au moyen d'un entourage formé d'une cage métallique, et a comparé les effets obtenus avec ceux de plantes cultivées dans des conditions identiques, mais sans cage métallique; il a ensuite cultivé d'autres plantes en pot, toujours dans des conditions parfaitement semblables, mais celles-ci loin de tous arbres ou végétaux élevés, celles-là au voisinage d'arbres, les uns plus touffus les autres moins, en les disposant toutefois de façon à ce que les différences qui se remarqueraient dans la végétation au voisinage de ces arbres ne pussent pas être attribuées à leur couvert.

Les plantes cultivées sous l'appareil isolant ont donné en poids total, dimensions, nombre de feuilles, fleurs et fruits des quantités notoirement inférieures à celles qu'ont fournies leurs similaires cultivées d'une manière de tous points identique sauf l'appareil isolant. Quant aux plantes cultivées à proximité et hors de portée d'arbres à cime plus ou moins étendue, les premières se sont comportées de tous points comme celles qui avaient été entourées de la cage métallique destinée à les isoler de l'électricité atmosphérique, les autres ayant fourni un rendement normal. Ces expériences, variées et renouvelées de différentes manières, ont permis de formuler des conclusions dont voici la substance:

Les arbres attirent à eux et utilisent exclusivement l'électricité atmosphérique, de manière à en priver les autres plantes placées dans leur sphère d'action, laquelle peut s'étendre à une assez grande distance de la périphérie de la cime.

(1) Cf. *Nutrition de la plante*, chap. IV.

Les plantes, privées par cette cause (ou de toute autre manière) de l'influence de l'électricité naturelle de l'air atmosphérique, croissent plus lentement et subissent une diminution évaluée de 30 à 50 pour cent de la matière vivante et de 40 à 50 pour cent des fleurs, fruits et graines; elles se montrent d'autre part d'autant plus riches en matière sèche et en cendres que la privation d'électricité les a plus appauvries en substances hydratées.

De là résulte la réalité d'une action considérable de l'électricité atmosphérique sur l'exercice des fonctions végétales, qui prendront toujours un plus grand développement là où cette électricité peut se faire librement sentir, et qui, à l'inverse, s'affaibliront et produiront des effets moindres lorsque le voisinage de végétaux puissants, comme des arbres en massifs, en bouquets ou même isolés, soustraira les plantes plus modestes aux influences électriques qu'ils auront soutirées à leur profit.

De ces données ressortent ces autres conclusions, que la privation d'électricité doit jouer un rôle important et dans l'impuissance végétative des menues plantes ou des graines et semis naturels sous le *couvert* d'un massif de futaie normalement clos, et dans l'infériorité de croissance du sous-bois d'un massif forestier à deux étages, et enfin dans le dommage causé à distance par la lisière d'une forêt sur les cultures riveraines ou par des arbres isolés à travers champ sur un certain rayon autour de la projection orthogonale de leurs cimes.

Il ne semble pas, au premier abord, que ces influences végétatives de l'électricité aient une action appréciable sur les climats, et à nous en tenir là, cette cinquième partie de notre étude ne répondrait pas, sur ce point, à son titre. Mais allons plus loin. Il est vrai que les études faites jusqu'ici et peu avancées encore, sur l'électricité météorique dans ses rapports avec la végétation, ne nous fournissent pas encore des lois générales et fondées sur des résultats rigoureux et précis. Mais de ce que nous possédons déjà sur

d'autres faces de la question, nous pouvons, croyons-nous, tirer provisoirement comme des conclusions *à priori*, que les progrès ultérieurs de la science pourront sans doute confirmer.

Puisque les grandes masses de forêts accroissent l'humidité relative dans une proportion importante et qu'elles offrent, en été, par l'immense surface de leur feuillée, un champ d'évaporation comparable à celui de la mer, n'est-il pas permis de présumer qu'elles offrent ainsi à la formation des orages des conditions plus favorables qu'un sol nu ou couvert seulement d'une végétation herbacée? D'ailleurs le nombre presque infini de pointes que les cimeaux, les rameaux supérieurs et leurs feuilles dressent au-dessus de la surface moyenne du plan feuillé n'offre-t-il pas autant de moyens de communication entre l'électricité du sol et celle de l'atmosphère ou réciproquement? Et puisqu'il semble bien prouvé que les plantes exercent sur l'électricité atmosphérique un pouvoir d'attraction ou, si l'on veut, d'absorption, de soutirage, d'autant plus intense qu'elles sont elles-mêmes de dimensions plus puissantes, quelle force immense ne doit pas avoir, pour provoquer de grands amas d'électricité, une forêt de vaste étendue et peuplée de hautes tiges?

Les grandes forêts doivent donc favoriser la formation des fortes tensions électriques et des orages dans la région où elles sont situées. Or une atmosphère fréquemment chargée d'électricité, ainsi que les pluies d'orage, sont des auxiliaires actifs du développement des plantes et favorisent la floraison et la fructification des récoltes. Si donc les arbres soit isolés, soit groupés en boqueteaux ou en forêts accaparent, au-dessous de leur cime et dans un certain rayon autour d'elle, l'électricité qui serait nécessaire aux plantes plus petites situées dans ce rayon, ils doivent nécessairement provoquer un incessant échange entre l'électricité atmosphérique et l'électricité répandue dans le sol, et par suite exercer sous ce rapport une influence générale favorable, bien supérieure à l'influence nocive mais restreinte

et toute locale que chaque arbre exerce isolément à faible distance autour de lui.

Ce n'est là encore, répétons-le, que la conclusion d'un raisonnement *à priori*. Les nouvelles recherches expérimentales auxquelles ne manqueront pas de se livrer les infatigables pionniers de la science diront quelque jour si l'expérience donne à cette conclusion une confirmation qui la rende légitime.

Ch. de Kirwan,
Inspecteur des forêts.

PARASITISME ET TRANSFORMISME.

En 1737, Boerhaave publiait à ses frais les manuscrits et les dessins d'un ouvrage considérable que l'auteur, un de ses compatriotes mort dans le dénuement et l'oubli, avait intitulé la *Bible de la Nature*. Boerhaave, disent ses biographes, assura ainsi à son pays une de ses plus pures gloires, et donna à ses contemporains un noble exemple, en faisant un tel usage de son immense fortune. Quel était donc ce monument scientifique qu'il avait ainsi sauvé de l'oubli ?

C'était l'œuvre d'un savant obscur, nommé Swammerdam, qui avait consacré, un siècle auparavant, toute son existence, toutes ses ressources à l'étude exclusive des *insectes*. Cette étude l'avait plongé dans une véritable extase religieuse, dans une perpétuelle contemplation, au point de de lui faire perdre de vue les besoins de la vie réelle. Aussi mourut-il jeune et délaissé, sans avoir même la suprême consolation de voir apprécier et publier ses travaux. Ses concitoyens, hommes positifs, jugèrent sévèrement ce médecin qui ne pratiquait point ; mais la postérité ne tarda pas à réformer cet arrêt injuste.

C'est que, comme l'a dit M. Littré lui-même, l'utile n'est point le but de la science ; ce qu'elle poursuit avant

tout c'est le vrai, comparable en cela aux lettres et aux arts, pour qui l'utile n'est qu'un objet secondaire et dont le beau forme le domaine ; ainsi, dans l'ordre moral, le devoir passe avant l'intérêt personnel.

Dans la nature comme dans l'ordre surnaturel, la contemplation de la vérité a des attraits irrésistibles, parce que c'est toujours la même lumière, le même ordre sublime, le même Dieu qui se manifeste de part et d'autre. Ce qui faisait dire à saint Grégoire de Nazianze que ceux qui possèdent à la fois les sciences et les mœurs jouissent dès ici-bas de la béatitude de l'autre vie, et à Origène que l'étude de la nature doit précéder l'étude de la philosophie, parce que ceux qui restent étrangers aux sciences naturelles sont aveugles pour les merveilles de la création.

Swammerdam commença par étudier l'organisation et les métamorphoses des insectes. Il publia en 1669 un premier ouvrage qui dénote une pénétration, une patience et un esprit d'observation prodigieux, étant donnée surtout l'insuffisance des instruments dont il disposait.

Cet ouvrage qui inspira à Charles Bonnet, le précurseur du transformisme moderne, le principe de sa philosophie naturelle qui affirme l'enchaînement ininterrompu des êtres et proclame la loi de continuité, renverse la fausse notion des métamorphoses et prouve qu'il n'y a chez les insectes, comme dans toute la nature, qu'une évolution organique lente et progressive ; expression particulière de la loi universelle de continuité.

Afin de s'assurer si les parties de la chenille et du papillon étaient les mêmes, Swammerdam eut l'idée de couper les pattes antérieures des chenilles. Il vit les papillons apparaître invariablement avec autant de pattes en moins qu'il en avait coupé sur les chenilles.

Les formes si différentes de la chenille n'étaient donc qu'un masque, d'où le nom latin *larva*; sous ces apparentes et merveilleuses métamorphoses qui inspirèrent aux anciens la doctrine de la métempsycose, se cachait une

évolution progressive, analogue à l'évolution interne d'un embryon dans l'œuf ou dans le sein maternel.

En décrivant les transformations de l'éphémère et l'adaptation de ses organes à des milieux aussi différents que l'air et l'eau, Swammerdam semble avoir pressenti la doctrine moderne de l'évolution. L'évolution de ce chétif insecte affectant primitivement la forme d'un ver aquatique, et s'élevant par degrés jusqu'à une organisation supérieure, caractérisée par une structure et des fonctions nouvelles adaptées à une vie aérienne, lui révélait, comme à Aristote, l'ascension progressive de l'être dans l'échelle des existences par voie de transformation insensible et continue.

En effet, si la nature a trahi quelque part les procédés suivis dans les périodes géologiques, pour réadapter constamment les organismes à des conditions d'existence de plus en plus différenciées, à mesure que notre planète accomplissait son évolution progressive, c'est évidemment dans la métamorphose et le parasitisme.

Les métamorphoses de l'éphémère comme celles de la grenouille constituent une véritable évolution embryonnaire externe, c'est-à-dire que l'animal franchit, au sein des eaux, les étapes successives que traverse l'embryon dans l'œuf et dans le sein maternel, tout comme l'espèce dans le temps, s'il est vrai que l'évolution embryonnaire est la répétition sommaire de l'évolution de l'espèce.

Lorsqu'une larve aquatique informe, munie de branchies comme un poisson, sort de l'eau, se gonfle et se fend pour donner passage à l'éphémère aérienne, parente de la gracieuse libellule ou demoiselle qui voltige sur les roseaux, l'observateur assiste en réalité à un phénomène plus surprenant que la transformation d'une espèce dans une autre.

De même que le têtard trahirait l'origine et raconterait l'évolution première des vertébrés, en passant de l'état de poisson et de salamandre à celui de batracien précurseur

des reptiles et des oiseaux — ce qui est rigoureusement conforme à l'ordre d'apparition de ces différentes classes dans les couches géologiques, — de même l'éphémère semble trahir l'origine de la classe des articulés, issue tout entière des vers aquatiques. Car la vie a pris naissance dans les eaux qui recouvraient primitivement le globe entier. Ce n'est qu'à mesure que les eaux se retirèrent pour former les premières îles que l'adaptation des anciens organes à de nouveaux milieux et à d'autres conditions d'existence devint possible, et que la terre se couvrit d'innombrables parasites qui s'attaquèrent les uns aux autres tout en s'attaquant à la végétation.

Car l'anatomie comparée des larves et des insectes par faits nous permet de saisir en quelque sorte sur le fait l'évolution et le progrès organique par voie de condensation et de différenciation. Les ganglions nerveux, primitivement disséminés dans les anneaux de la larve, se condensent dans le thorax de l'insecte parfait, pour intégrer les mouvements réflexes qui vont se compliquer avec l'organisation et présider au vol, à la marche et aux organes des sens. Ainsi les nerfs des sens se concentrent dans la tête, les nerfs de la locomotion dans le thorax et les nerfs de la vie végétative dans l'abdomen.

Les trachées-branchies de forme foliacée des larves aquatiques, disposées en double série sur le dos de l'éphémère, se métamorphosent en deux paires d'ailes, absolument comme les six pièces de la bouche des chenilles, disposées pour broyer, se transforment en une trompe allongée et flexible, disposée pour sucer chez le papillon.

Il est extrêmement remarquable que l'ordre auquel appartient l'éphémère se retrouve précisément le premier dans les couches du terrain carbonifère, à côté des premiers batraciens que l'on considère avec raison comme les précurseurs des reptiles.

Ce fait de modification rapide, en quelque sorte instantané, des formes spécifiques actuellement existantes, ne

serait, de l'avis d'un célèbre botaniste, M. Naudin, que la répétition affaiblie des phénomènes évolutifs des premiers temps. « Que sont, dit-il, ces états singuliers de larves chez les insectes et chez les animaux inférieurs? Ne trouvons-nous pas, dans ces formes multiples et successives prises d'abord pour autant d'animaux différents, un reste du procédé général de la création ? »

En un mot, l'évolution embryonnaire de l'individu serait la reproduction de l'évolution de la classe à laquelle il appartient ; ce que les révélations de l'embryologie et de l'anatomie comparée semblent confirmer singulièrement, notamment pour la classe des vertébrés et des articulés.

Quoi qu'il en soit, il importe de rappeler que la théorie de l'évolution, conçue de la sorte, n'implique point du tout le transformisme matérialiste mis à la mode par la libre pensée au XIXe siècle. Plus la paléontologie et l'anatomie comparée font de progrès, plus les hiatus qui semblaient isoler les groupes naturels disparaissent, plus on s'aperçoit que l'ordre d'apparition des êtres à la surface du globe coïncide en général avec l'ordre de leur classification naturelle et progressive. Ce fait considérable a été particulièrement mis en lumière pour la classe la plus élevée de l'organisation par un naturaliste chrétien du Muséum de Paris, M. Gaudry.

Après avoir constaté que les marsupiaux, qui établissent le passage des ovipares aux placentaires, sont précisément les premiers mammifères apparus sur la terre, il montre comment nos principaux quadrupèdes domestiques dérivent des pachydermes de l'époque tertiaire par une série très nombreuse d'intermédiaires parfois fort difficiles à distinguer les uns des autres.

Dès que le vertébré devient parasite de sa mère par la formation du placenta, la généalogie apparente des espèces devient facile à établir. Cuvier combattait jadis les partisans de Lamarck en demandant pourquoi l'on ne trouvait pas d'intermédiaire entre le paléothérium, que l'on signalait

dès lors comme l'ancêtre éloigné du cheval, et l'hipparion. Or, depuis cette époque, M. Gaudry en a trouvé toute une série, pour sa part, dans les seules fouilles de Pikermi, et l'on en a exhumé beaucoup d'autres en Amérique, de même que l'on a découvert dans les montagnes Rocheuses de nouvelles formes intermédiaires entre les reptiles et les oiseaux. Les caractères reptiliens des premiers oiseaux et des premiers mammifères ont frappé tous les naturalistes. Les premiers mammifères qui apparaissent dans la série ascendante des couches géologiques sont précisément les derniers dans la série descendante de la classification naturelle. Les marsupiaux de la craie nous montrent comment la nature a passé du type reptile ovipare aux mammifères vivipares par la formation progressive du placenta. Chez les reptiles comme chez les oiseaux, il existe des oviductes, mais chez les marsupiaux, les oviductes, renflés à leur extrémité, se rencontrent pour former l'utérus et se juxtaposent sans soudure. Chez les rongeurs qui apparurent ensuite, l'utérus est encore divisé en deux moitiés latérales qui se soudent inférieurement. Enfin chez les singes, l'utérus est encore fendu au sommet.

La géographie zoologique fournit des arguments de fait encore plus frappants, quand elle nous montre l'analogie des faunes fossile et moderne caractéristiques de chaque continent, l'analogie des genres et des espèces qui peuplent les iles voisines des continents avec les genres et les espèces de ces continents mêmes, enfin l'absence totale d'animaux supérieurs, de mammifères dans les îles isolées de l'océan Pacifique (1).

(1) Il est curieux de suivre à la lumière de la paléontologie la différenciation progressive et parallèle des organismes et des milieux. A mesure que la terre émerge du sein des ondes, elle se couvre de parasites des deux règnes qui s'élèvent lentement dans l'échelle des êtres. Aini, aux cryptogames cellulaires, aux algues qui caracterisent la flore sous-marine primitive, succèdent les cryptogames vasculaires, les fougères, les calamites des âges carbonifères, qui marquent une étape progressive et une différenciation notable dans la vie végétale. Puis, dans l'ordre de la classification fondée sur la com-

Mais c'est surtout l'étude du parasitisme, inexplicable dans l'ancienne hypothèse, qui s'éclaire d'un jour inattendu par cette théorie ; elle nous montre des animaux, appartenant à toutes les classes du règne animal, dont certains organes ont avorté par le défaut d'usage. Tous les entomologistes connaissent, par exemple, ces phalènes parasites de nos futaies de hêtre, qui éclosent au mois de novembre ou de février, et dont les femelles possèdent des moignons d'ailes, à différents degrés de développement pour chaque espèce, sans doute parce qu'elles ont perdu l'habitude du vol.

Les organes embryonnaires et le parasitisme ne trouvent point d'autre explication satisfaisante dans l'économie de la nature que la doctrine de l'adaptation continue, qui n'implique pas toujours le progrès.

L'atrophie organique par le défaut d'exercice est aussi évidente chez les espèces que chez les individus. La taupe, par exemple, possède avant la naissance des yeux aussi parfaits que ceux de la souris jusqu'à ce que l'ouverture du crâne se referme et les sépare du cerveau. Ainsi les élytres de nombreuses espèces d'insectes coléoptères paralysent en se soudant l'usage des ailes qu'elles abritent. Dans

plexité de structure, apparaissent les gymnospermes, les conifères qui caractérisent les âges secondaires, tandis que les angiospermes dicotylédonés caractérisent les dernières époques géologiques, en commençant par les apétales pour finir par les gamopétales, les plus parfaites des plantes.

La vie animale a subi une intégration semblable qui devient manifeste à mesure qu'on s'élève dans l'échelle.

Dès que les premières terres émergent, apparaissent des reptiles amphibies, dans le terrain carbonifère, qui rappellent les poissons par leur conformation anatomique, et dont le type nous est conservé par les batraciens, qui sont tout à fait des poissons dans leur jeune âge et acquièrent des poumons à l'état parfait.

Puis apparaissent les reptiles dans la craie, dont le fœtus conserve des traces de branchies, mais dont les poumons se développent dès la naissance ; et les oiseaux, qui se différencient des précédents par l'acquisition de l'amnios et de l'allantoïde qui servira plus tard à former le placenta des mammifères. Avec eux la vie animale primitivement aquatique atteint son adaptation parfaite au milieu atmosphérique et terrestre.

certaines îles où les vents persistants empêchent le vol des insectes, comme à Madère, les espèces correspondantes à celles du continent ont perdu la faculté de voler, par la soudure des élytres sur les ailes qu'elles recouvrent; et l'on sait que les grottes de la Carniole contiennent une véritable faune d'aveugles appartenant à toutes les classes du règne animal (1).

En général, l'évolution rétrograde que détermine le parasitisme se caractérise par l'exagération du système de la vie végétative, c'est-à-dire de l'appareil nutritif et reproducteur, au détriment du système de la vie de relation. Les organes des sens, de la locomotion, de l'attaque et de la défense s'atrophient plus ou moins complètement. Souvent l'animal se réduit absolument à un appareil digestif et reproducteur.

Comme le dit très bien M. Naudin (2), « ce qui a éloigné de la doctrine évolutioniste un grand nombre de personnes, c'est l'ardeur avec laquelle l'athéisme s'en est emparé. Il n'en fallait pas davantage pour rejeter et maintenir les croyants dans le camp opposé. L'erreur a été la même des deux côtés et cette précipitation, aussi inconsidérée d'une part que de l'autre, est un nouvel et mémorable exemple

(1) Il serait curieux de constater si ces races aveugles se croisent encore aisément avec les races normales : car la loi des corrélations organiques fait soupçonner *à priori* de graves modifications physiologiques consécutives à la suppression définitive du sens de la vue. Un organe ne peut s'accroître ou disparaître sans entraîner un changement dans la fonction de tous les autres organes qui en dépendent. M. Marey a parfaitement mis en lumière cette réaction nécessaire des changements de fonctions sur les changements de structure dans le domaine de la pathologie, qui amène à la longue la transformation des caractères anatomiques les plus immuables en apparence, comme la forme, le nombre et le rapport des pièces du squelette.

(2) Il importe de remarquer que M. Naudin, après avoir fourni les meilleurs arguments aux adversaires du transformisme par ses recherches sur l'hybridation et le métissage des végétaux, s'est converti à cette hypothèse en s'inspirant des recherches de son collègue de Candolle, de Hooker et de Kerner qui ont découvert d'innombrables formes intermédiaires entre des genres et des espèces végétales que l'on croyait nettement séparées.

de la légèreté de l'esprit humain qui se laisse dominer par l'enthousiasme ou par la peur. » « Qu'on veuille bien relire la narration mosaïque de la création, ajoute M. Naudin, et l'on reconnaîtra bientôt que la cosmogonie biblique n'est, du commencement à la fin qu'une théorie évolutioniste où les grands phénomènes de la création s'enchaînent dans un ordre si naturel, si logique que les adversaires même les plus déclarés de la géologie, comme Hæckel, ne peuvent refuser leur admiration à son auteur.

» Or, d'après Moïse, Dieu commande aux éléments de produire les plantes et les animaux, sans y prendre lui-même une part directe et immédiate (1). Il ne paraît sur la scène que pour achever l'œuvre de la création, l'homme, son chef-d'œuvre. Jusque-là, Dieu se borne à faire agir les causes secondes.

» C'est l'eau qui produit les poissons, les reptiles et les oiseaux (juste comme le dit la science).

» C'est la terre qui enfante d'abord les plantes et les animaux terrestres.

» Et quand le moment de créer l'homme est venu, c'est encore de la terre (du limon) que Dieu tire l'animal sur lequel il greffera une âme faite à son image. »

Cette manière de voir de M. Naudin, qui n'est pas plus suspect d'athéisme que MM. Gaudry, Mivart et d'Omalius d'Halloy, mérite d'attirer toute notre attention, en présence des révélations de plus en plus frappantes de l'embryologie et de la paléontologie.

D'ailleurs, comme le faisait dernièrement remarquer à la Chambre belge M. Thonissen, il y a quatorze siècles que saint Augustin soutenait que Dieu avait au même

(1) M. Naudin force un peu la note. Il est vrai que, suivant la Genèse, Dieu dit : *Germinet terra... Producant aquæ... Producat terra...* Mais le même chapitre fait intervenir directement le Créateur dans la production des animaux : *Creavitque Deus cete grandia... Et fecit Deus bestias terræ.* Voir à ce sujet la *Revue des questions scientifiques*, juillet 1880, pp. 152 et 153.

instant créé les germes de tous les êtres qui se sont développés pendant les six époques de la création, et saint Thomas affirme que cette doctrine lui plait beaucoup et n'est pas contraire à l'enseignement de l'Église.

Nous ne croyons pas nous être livrés à une digression en prenant texte de la *Bible de la nature* de Swammerdam pour essayer de montrer que l'évolution progressive ou rétrograde des parasites fournit peut-être la clef du problème le plus palpitant de la nature vivante : celui de la genèse des organismes. « L'animal est formé par les milieux et pour eux, » disait déjà Gœthe au commencement du siècle.

L'hypothèse de l'adaptation spontanée des organismes aux conditions d'existence variables du milieu cosmique, loin de fournir des armes au matérialisme, apporte, au contraire, des contributions nouvelles à la doctrine spiritualiste, en simplifiant le plan du Créateur, comme le faisait remarquer dernièrement M. Janet dans son beau livre des *Causes finales*. Elle dispense de recourir, pour expliquer les anomalies de la création, à l'intervention répétée d'agents surnaturels, de bons ou de mauvais génies. Après tout, l'hypothèse la plus scientifique n'est-elle pas celle qui permet d'expliquer le plus de faits?

D'illustres observateurs ne tardèrent pas à élargir la voie ouverte par le naturaliste d'Amsterdam.

Le philosophe génevois Bonnet s'illustra à l'âge de vingt ans, en découvrant la parthénogenèse chez les pucerons parasites des végétaux.

Rien de plus extraordinaire que cette reproduction anormale qui permet à la nature d'enrayer en quelques heures l'exubérance de la végétation.

Nous avons raconté déjà (1) comment Ch. Bonnet, ayant

(1) La doctrine des générations spontanées, *Revue des questions scientifiques*, t. VI, p. 502.

placé dans une fiole un puceron qui venait de naître, découvrit la parthénogenèse et assista à la naissance de dix générations sans fécondation. Les mâles n'apparaissent qu'à l'automne et les femelles fécondées pondent des œufs qui résistent à l'hivernage pour recommencer le même cycle l'année suivante. Disposition admirable qui permet d'engendrer des milliers de parasites en quelques heures pour limiter l'exubérance de la végétation.

Les anciens naturalistes, à défaut d'observations précises, ne trouvèrent d'autre explication à ces phénomènes que la génération spontanée.

C'était l'avis d'Aristote, qui admettait l'organisation spontanée de la plupart des parasites, notamment des abeilles, ces parasites des fleurs, dont elles restituent les produits d'élaboration sous forme de miel et de cire, et que la nature a douées dans ce but d'organes et d'instincts merveilleux. Chacun connaît par exemple l'admirable adaptation de leurs pattes en forme de brosses et de corbeilles à la récolte du pollen et de la cire. Ce fut encore Swammerdam qui établit par l'anatomie le mode de reproduction de ces insectes et montra que le prétendu roi est une femelle qui passe sa vie à pondre, les soldats des mâles, et les sujets des femelles avortées qui jouent le rôle d'ouvrières et de nourrices remplissant ainsi, par la division du travail, les fonctions accessoires de la maternité. Swammerdam entrevit également l'origine des larves qui vivent dans les excroissances végétales et dans les divers organes des végétaux. Malpighi, le célèbre médecin d'Innocent III, constata *de visu* l'inoculation de la galle du chêne par une mouche du genre *Cynips* qui enfonce sa tarière et pond un œuf dans les bourgeons entr'ouverts au printemps. Puis vint Réaumur qui acheva de déchirer le voile et découvrit le même parasitisme partout où l'on avait cru voir la génération spontanée.

Réaumur étudia l'industrie de la plupart des insectes parasites. Il décrivit le manège singulier de l'ichneumon,

déposant dans le corps des chenilles des larves qui se nourrissent de la graisse de l'animal sans toucher aux œuvres vives et qui sortent toutes ensemble en tuant celui-ci au moment de sa métamorphose. D'autres ichneumons pondent dans les œufs d'autres insectes, et se métamorphosent dans la coque de l'animal dévoré (1).

En résumé, l'on peut dire qu'il n'est pas un procédé imaginable qui n'ait été mis en œuvre pour favoriser le parasitisme.

La loi du parasitisme est universelle dans la nature. C'est une immense curée à laquelle nul n'échappe : chaque plante, chaque animal, chaque organe a ses parasites propres ; l'homme en compte pour sa part plusieurs douzaines. Il en est qui voyagent d'hôtellerie en hôtellerie, accomplissant chaque phase de leur évolution dans un être ou dans un organe distinct ; tels sont le ver solitaire et la trichine.

Les ruses diaboliques de ces ennemis invisibles et innombrables, qui harcèlent tout être vivant et qui se harcèlent entre eux comme les lutins de la légende, nous expliquent les croyances superstitieuses si profondément enracinées dans les campagnes. Avant que la science ne fût à même de lui révéler les évolutions et les métamorphoses des insectes et des cryptogames, le paysan qui voyait ses récoltes ruinées ou son bétail mourir sans cause apparente, devait croire à l'intervention des génies malfaisants. Véritables protées, ses ennemis lui échappaient par leur petitesse, leurs transformations, leurs migrations et les ruses que les naturalistes ont mises en lumière.

La science a substitué partout la loi inflexible aux caprices des mauvais génies. A leur place nous découvrons des ouvriers invisibles accomplissant aveuglément, suivant une direction invariable pour chaque espèce, leur évolution naturelle qui se déroule comme le ressort d'une montre

(1) Ibid., p. 511.

et qu'il devient facile d'entraver quand nous en pénétrons le mécanisme.

On peut répartir les parasites animaux d'après les organes qu'ils habitent en deux catégories. Ceux qui habitent un hôte provisoire s'installent presque toujours dans un organe clos : muscles, cœur, cerveau ; ce sont, comme le dit fort spirituellement M. Van Beneden, les *mansardes* de l'économie. Ceux, au contraire, qui sont arrivés à leur destination, et qui, contrairement aux précédents, ont de la famille, occupent de beaux appartements : on pourrait dire le *premier étage*. Ce premier étage comprend l'estomac avec les dépendances des voies digestives, le poumon, les fosses nasales, les reins, tous les organes qui sont en communication avec l'extérieur, pour donner issue à la progéniture. La famille n'est jamais séquestrée. Les mansardes de l'économie sont des organes sans issue : c'est une prison cellulaire d'où le prisonnier ne peut sortir qu'avec la loge qui l'enferme. Cependant les parasites ne se reproduisent généralement pas dans l'animal qu'ils hantent: les œufs sont évacués avec les fèces, et semés au loin pour de nouveaux hôtes.

C'est ainsi que l'œstre du cheval est expulsé avec les fèces après avoir séjourné de longs mois dans les parois de l'estomac : il s'y fixe au moyen de crochets, aspire par un suçoir les sucs gastriques, et respire par des trachées fixées aux parois de son anus, qu'il peut ouvrir et fermer à volonté de façon à conserver l'air emprisonné.

Un phénomène très remarquable, c'est l'identité des procédés et des armes employées par les parasites les plus différents pour atteindre un même but.

Ainsi l'épi du blé sur pied est attaqué par des insectes de trois familles: coléoptères, diptères, hyménoptères; saperda, chlorops, céphus, cécidomies. Tous ces petits insectes attendent la période de la floraison du blé pour introduire un œuf à la base de l'épi au dessous du dernier nœud. Cet œuf ne tarde pas à éclore et à produire une larve qui éta-

blit un barrage pour intercepter la sève à son profit, en faisant une incision circulaire à l'intérieur du chaume; puis, lorsque le moment de la moisson approche, la larve descend d'étage en étage, en perforant les nœuds, et va se loger dans le pied des chaumes que la faux n'enlève point; ou bien comme la cécidomie, elle se recourbe sur elle-même et se détend comme un ressort pour atteindre le sol ; ainsi le saumon, qui remonte les rivières, s'élance pour franchir les cataractes.

Chacun de ces insectes a heureusement un parasite, parfois de la même famille, qui limite ses ravages et qui se multiplie en raison directe de la fécondité du premier.

Ainsi le platygastre, petite mouche noire à quatre ailes, introduit ses œufs à côté de ceux de la cécidomie, dont son instinct infaillible lui révèle la présence, au moyen de sa tarière terminée en fer de lance.

Dès que les larves de la cécidomie commencent leur œuvre, les larves du platygastre s'introduisent dans leur corps et le rongent à la façon des ichneumons, jusqu'à l'époque de l'éclosion où l'observateur étonné voit sortir une autre mouche de la peau vide des cécidomies.

De même le chlorops est détruit par l'alyse, de la famille des ichneumons.

Quand on étudie les parasites du blé, on se demande comment la précieuse céréale peut échapper à leurs attaques, et l'on ne s'étonne plus que l'on ait pu estimer les dégâts des insectes à plus de deux milliards pour la France seule.

Tandis que les cryptogames, les mouches et les coléoptères précédents s'attaquent à l'épi, des arachnides et des myriapodes, les acarus et les iules, s'attaquent aux germes.

L'acarus possède deux pinces analogues à celles du homard, dont il se sert pour perforer les cotylédons et pour broyer la farine. L'iule qui veut une nourriture liquide, s'introduit dans l'intérieur du grain lorsque la masse farineuse est transformée en lait végétal sous l'influence de ferments solubles engendrés par la germination.

Les racines du blé sont attaquées par les larves innombrables, notamment par celle du hanneton (ver blanc), des taupins ou agriotes, des tipules, de la noctuelle des moissons (ver gris) et de la noctuelle y-grec. Cette dernière chenille (d'un beau vert orné de lignes longitudinales blanches) a parfois occasionné de véritables plaies d'Égypte.

Suivant Réaumur, une avalanche extraordinaire de ces chenilles s'abattit sur une grande partie de la France, en 1735, et dévora les feuilles de tous les potagers.

En France, en Belgique, pendant l'été de 1879, les jardins, les champs et les habitations même étaient littéralement infestés par cet insecte dans le courant du mois d'août. M. Candèse annonçait que, si rien ne venait entraver leur multiplication, l'on pouvait s'attendre, en 1880, à un désastre analogue à celui de 1735 ; mais les rigueurs d'un hiver exceptionnel ont épargné à notre industrie agricole, d'une façon vraiment providentielle, cette nouvelle épreuve à laquelle elle n'aurait peut-être point résisté, car la terrible noctuelle s'attaque de préférence à la betterave à sucre.

En Allemagne certaines régions sont complètement épuisées par la betterave, et cet épuisement coïncide avec la présence d'un petit ver sur les radicelles, de la même famille que l'anguillule du blé qui produit la nielle et se développe dans les années humides. Ces vers, voisins de la trichine du lard, sont doués de la singulière faculté de la reviviscence, qui leur permet de braver toutes les intempéries. Ils se dessèchent par les temps secs et se conservent indéfiniment jusqu'à ce qu'une goutte d'eau vienne les rappeler à l'existence. Le docteur Marker de Halle suppose que cette invasion de parasites est due à l'épuisement du sous-sol en potasse. Il est certain que les parasites s'attaquent toujours de préférence aux plantes mal nourries ou malades. Le meilleur moyen de les combattre consiste donc à placer la plante dans des conditions normales de nutrition

et de reproduction par une restitution et une sélection intelligentes. Nous avons justifié cette affirmation pour toutes les cultures, dans le *Traité pratique de chimie agricole* que nous venons de publier.

Il est donc permis de conclure que l'étude du parasitisme en agriculture est entièrement subordonnée à la connaissance approfondie de la physiologie végétale et de la chimie agricole.

Les engrais chimiques, qui ne peuvent servir de véhicules aux parasites comme le fumier, ont permis d'arrêter l'invasion du puceron qui occasionne la brûlure du lin.

Les expériences de M. Ladureau l'ont amené, sur ce point, absolument aux mêmes conclusions que les recherches de M. le docteur Marker, sur la fatigue du sol de la betterave.

La brûlure coïncide toujours avec la présence d'un petit puceron voisin du phylloxéra ; la maladie se propage avec l'insecte, et diminue ou disparaît par l'emploi des engrais chimiques à base de potasse. Ici, l'engrais de ferme paraît être le véhicule du parasite, en même temps que la cause première de la maladie par sa pauvreté en potasse ; or, depuis longtemps déjà, M. Ville attribuait la multiplication des maladies de la pomme de terre et de la vigne, dont la potasse est précisément la dominante, à l'insuffisance de la restitution de ce principe qui n'existe qu'en minime quantité dans le fumier.

Le puceron du lin et la nématode de la betterave ne doivent pas être considérés comme la cause mais le symptôme d'une maladie provoquée par l'absence de potasse. Les cultivateurs qui se livrent à la culture du lin pourront désormais la faire revenir plus souvent dans leurs assolements sans avoir à redouter la terrible brûlure.

« Il leur suffira, dit M. Ladureau, d'employer d'abord des engrais à dominante de potasse, tels que ceux que préconise M. G. Ville, puis de suivre leurs champs avec soin, et s'ils y remarquent en grande quantité un petit ver

jaune ou un puceron long et noir, c'est-à-dire le *thrips* sous la forme de larve ou de nymphe, de l'arroser immédiatement avec de l'eau pétrolée ou avec une solution d'acide phénique brut très étendue, ou avec tel autre insecticide dont l'usage pourra faire reconnaître l'efficacité. »

On croit aujourd'hui, après de longues recherches infructueuses, pouvoir préserver la vigne des atteintes d'un autre puceron, du phylloxéra, par la culture intensive qui altère malheureusement la qualité. En tous cas, on ne peut inoculer l'insecte de la vigne sur des ceps bien portants. L'on est donc en droit de supposer que la culture forcée, l'excès des coupes, le rapprochement exagéré des plants, le défaut d'assolement, ont épuisé la vigne ; c'est pour cela qu'elle succombe aux attaques de ses ennemis. Avant le phylloxéra on avait la *pyrale* et l'*oïdium*, que la science a vaincus par le soufre. Demain on aura peut-être un autre ennemi. Ici comme ailleurs, si la science ne prend bientôt la place de l'empirisme, inconscient de ce qu'il fait et toujours prêt à tuer la poule aux œufs d'or, l'agriculteur sera vaincu par la nature. — La découverte du mode de reproduction de la pyrale de la vigne permit à M. Auduin de détruire les œufs de l'insecte par l'échaudage des ceps et des échalas.

Le *ver blanc*, qui dévore les racines de toutes les plantes cultivées et fait mourir jusqu'aux jeunes arbres, est facile à détruire depuis que l'entomologie nous a révélé les mœurs du hanneton. La femelle pond en juin à un ou deux centimètres de profondeur, de préférence dans les céréales, colza et prairies artificielles. Si ces terres n'ont pas été déchaumées avant le 15 septembre, la larve qui vit à la surface du sol y pullule.

Il suffit donc de procéder, de juillet à septembre, à un déchaumage soigné pour détruire complètement ces larves, qui vivent trois ans et descendent dans le sol pendant l'hiver pour remonter au printemps.

On a remarqué qu'après le 15 mai les larves de tout

âge sont réunies à la surface, à deux ou trois centimètres de profondeur. C'est donc un moment particulièrement propice pour les détruire.

Pour apprécier toute l'importance de ces révélations de la science, il suffira de rappeler que les hannetons ont occasionné plusieurs fois de véritables famines, comme les sauterelles. En 1688, ils détruisirent la végétation de tout un comté en Irlande, et les habitants en furent réduits à se nourrir de hannetons. En 1832, le service des postes fut interrompu, dans le département de l'Eure, par les hannetons qui empêchaient les chevaux d'avancer. Cette année même les ravages d'un petit hanneton analogue à celui qui attaque nos seigles dans la Campine (1) ont engendré une véritable famine en Russie. Cet insecte n'était pas jusqu'ici signalé par nos entomologistes comme un parasite sérieux des récoltes, pas plus que ne l'était le doryphora en Amérique, avant que la culture de la pomme de terre eût atteint les montagnes Rocheuses.

Il importe de ne point attribuer à la science entomologique la responsabilité des opinions de certains entomologistes, pas plus qu'il ne faut confondre l'avis d'un médecin avec l'arrêt de la science.

C'est ainsi que nous avons vu des entomologistes officiels railler le gouvernement des mesures préventives qu'il prenait contre l'invasion du *doryphora*, sous prétexte que ces

(1) *Anisoplia Austriaca. A. segetum* (Campine). En Russie, le seigle n'occupe pas moins des 48 centièmes des terres consacrées à la culture des céréales. En général les rendements sont très faibles ; ils ne dépassent pas 8 hectolitres et demi pour l'ensemble de la Russie ; quand la culture est plus soignée, on arrive a des chiffres plus élevés : ainsi la ferme de Petrowsky, près Moscou, qui est annexée à l'Institut agronomique, atteint un rendement moyen de 22 hectolitres.

La production totale de la Russie peut être évaluée, déduction faite des quantités nécessaires aux semailles, à 187 millions d'hectolitres, sur lesquels 12 millions sont livrés à l'exportation. L'Allemagne en consomme les 40 centièmes.

parasites ne pourraient s'acclimater chez nous. Laissez faire la loi naturelle, disait-on, qui maintient les espèces dans leurs territoires respectifs. L'on oubliait que l'Amérique nous avait envoyé déjà la punaise, le puceron laniger et le phylloxéra ; que l'Europe a envoyé à l'Amérique, la cécidomie et le charançon du froment qui fait de terribles ravages au Brésil ; que les insectes des bois de construction, les dermestes, du lard et des pelleteries, les teignes des draps et des crins et les anthrènes des collections sont devenus cosmopolites.

D'ailleurs ces rapports n'étaient point encore publiés que le doryphora apparaissait en Prusse, où on ne parvint à le détruire que par des mesures immédiates et énergiques. Tant il est vrai que les naturalistes dogmatisants des musées ne sont point infaillibles, et que la science et la politique ne sont point faites pour s'éclairer mutuellement. L'expérience a prouvé que le doryphora, parti des montagnes Rocheuses, s'acclimate parfaitement sous toutes les latitudes des régions tempérées.

En 1859, il avait déjà parcouru une vaste étendue de pays, et se trouvait à cent milles d'Omaha, dans le Nebraska ; en 1861, ses éclaireurs étaient signalés dans l'Ohio ; en 1864 et en 1865, ils franchissaient le Mississipi, suivis du gros de l'armée, divisée en cinq colonnes qui traversèrent l'Illinois, pillant et dévastant les récoltes. Ils ont atteint les rivages de l'Atlantique en 1878, car leurs étapes sont régulières et comprennent annuellement un espace d'environ cinquante milles. Ajoutons que leur nombre est légion, chacune de leurs femelles pouvant déposer, durant sa courte existence, plus de mille œufs.

Les exploits des Goths, des Vandales, des Huns, dit un naturaliste américain, sont-ils comparables à ceux du doryphora ?

L'étude des instincts des insectes nous permet donc de surprendre en quelque sorte l'action de la Providence dans la nature ; car leurs manœuvres infaillibles et leur prévoyance

de l'avenir confondent la raison humaine, et ne relèvent pas plus de l'intelligence de l'individu que la merveilleuse adaptation de ses divers organes à ses divers besoins pendant les diverses périodes de son existence. Tout atteste, dans la structure comme dans les fonctions de ces merveilleux et délicats mécanismes, l'intelligence infinie du mécanicien qui a su prévoir, avec la dernière précision, toutes les vicissitudes de l'évolution de l'insecte, et pourvoir d'une manière infaillible aux besoins présents et futurs de cet être inconscient.

Voyez, par exemple, le *Philante apivore*, le *Cerceris bupresticide* et le *Sphex* qui s'attaque aux araignées et aux grillons. Ces insectes, exclusivement phyllophages, anesthésient d'autres insectes au moyen d'une véritable flèche empoisonnée et les déposent endormis à côté de leurs œufs. L'abeille xylocope, ou perce-bois, creuse une galerie et dépose chaque œuf à côté d'un pâté de pollen pétri avec du miel, dans une cellule qu'elle mure immédiatement, de telle sorte que l'œuf pondu en dernier lieu doit éclore le premier pour livrer passage aux autres.

Comment la théorie darwiniste peut-elle expliquer par la sélection la genèse de ces instincts, qui ne relèvent aucunement de l'expérience et accusent une prévoyance et un calcul admirables ?

Le *Cerceris*, qui enfonce sans hésiter son dard empoisonné dans les ganglions thoraciques des Buprestes, sait-il qu'il atteint la seule place où la sensibilité se centralise, et sait-il qu'il ménage ainsi une proie toute fraîche aux larves qui doivent éclore longtemps après sa mort et dont les instincts diffèrent radicalement des siens? Ce serait attribuer plus d'intelligence qu'à l'homme à un être qui n'en manifeste aucune, dès qu'on le soustrait à ses conditions d'existence ordinaires, et l'on ne peut admettre que la sélection développe des organes et des instincts aussi compliqués en vue de satisfaire des besoins et de vaincre des difficultés que l'insecte ne connaît point.

Cette difficulté est tout aussi insoluble par la doctrine darwiniste que l'enchaînement si compliqué des actions réflexes dans l'organisme humain, qui établit une correspondance automatique et inconsciente entre les organes les plus éloignés, et développe des séries de fonctions coïncidentes ou successives, visiblement coordonnées en vue d'une seule fin.

La sélection naturelle est aussi impuissante à expliquer l'acquisition des instincts de l'insecte qu'à rendre compte des phénomènes de l'évolution embryonnaire des animaux supérieurs; car l'on voit, dans l'évolution fœtale, les diverses parties d'un appareil organique naître de tissus éloignés et divers, pour marcher à la rencontre les uns des autres et constituer, en se juxtaposant, un appareil unique dont toutes les parties se fondent harmonieusement et concourent à l'accomplissement régulier de la fonction.

Ce phénomène capital est soigneusement laissé dans l'ombre par les partisans de Darwin. C'est qu'il ne s'agit plus ici d'une cellule qui se condense et se différencie comme dans l'œuf, mais d'une combinaison opposée, inconciliable avec la doctrine du progrès organique par différenciation progressive et spontanée d'une cellule.

Pourquoi le besoin de pondre amène-t-il une transformation radicale des instincts chez les insectes comme chez les oiseaux? et pourquoi la nature prodigue-t-elle ses combinaisons les plus merveilleuses et ses calculs les plus compliqués, dès qu'il s'agit d'appliquer la loi de la conservation de l'espèce?

Quelle impulsion mystérieuse pousse les fourmis à faire la guerre, pour ramener des esclaves qui serviront de nourrices, et des pucerons qui serviront de vaches laitières à la colonie? Qui les porte à pratiquer la division du travail dans l'association, et le sacrifice individuel à l'intérêt de la communauté? Qui les porte à construire ces forteresses parfois monumentales, qu'on appelle des fourmilières, défendues par mille artifices ingénieux et gardées par des sentinelles attentives?

Comment l'abeille a-t-elle découvert l'architecture de la ruche, où se trouve résolu un problème de géométrie qui eût arrêté des géomètres ?

Comment l'abeille ouvrière sait-elle produire à volonté des reines ou des neutres par une alimentation plus ou moins azotée, à base de sucre ou de pollen, tout comme nos éleveurs produisent la sélection des races par l'alimentation intensive? Qui les porte à faire des provisions pour l'hiver, à l'instar de nos ménagères, et à choisir leurs aliments comme leurs matériaux de construction avec un infaillible discernement?

Les cellules qui contiennent le miel de réserve, dit Réaumur, sont autant de petits pots de confiture ou de sirop, qui ont chacun leur couvercle de cire qui les bouche hermétiquement. Il a pour but de maintenir le miel dans une certaine liquidité en empêchant l'évaporation. On trouve souvent plusieurs gâteaux de cellules bouchées de la sorte, qui constituent de véritables greniers d'abondance.

Enfin quel attrait pousse les abeilles ouvrières, qui sont des femelles avortées, à suivre une reine pour former colonie, à construire des gâteaux où celle ci viendra pondre, à recueillir les œufs au fur et à mesure de la ponte pour en déposer un dans chaque cellule, à nourrir différemment les larves en vue de la conservation de la ruche, à porter ces larves inertes au grand air pour respirer, comme des bonnes conduisent les enfants à la promenade?

Tous ces faits, rigoureusement contrôlés et dont nous devons en grande partie la découverte au consciencieux naturaliste Huber de Genève, méritent au plus haut point d'attirer l'attention des philosophes; car ils réduisent la doctrine matérialiste et fataliste de l'évolution à une pure et simple absurdité.

C'était l'avis de Kant, disant qu'il est absurde d'espérer que quelque nouveau Newton viendra un jour expliquer la production d'un brin d'herbe par des lois naturelles auxquelles aucun dessein n'a présidé.

Les mœurs des fourmis, parasites des fleurs et des pucerons dont elles sucent le sucre, sont peut-être plus remarquables encore que celles des abeilles au point de vue qui nous occupe.

« Lorsque l'on considère, dit sir J. Lubbock, un célèbre entomologiste anglais, l'organisation sociale des fourmis, l'art qui préside à la construction de leurs habitations, leurs voies de communication, le fait qu'elles possèdent des animaux domestiques (tels que les pucerons dont elles mangent le sucre) et des esclaves qu'elles ramènent de leurs expéditions guerrières, on ne peut nier qu'elles doivent être classées immédiatement après l'homme sous le rapport de l'intelligence, comme les singes anthropoïdes sous le rap port de la structure de leur corps. »

M. Lubbock répartit les fourmis d'après leurs mœurs en trois classes correspondant aux trois grandes phases du développement humain : la chasse, la vie pastorale et l'agriculture.

Les premières correspondraient, selon ce naturaliste, aux races inférieures de l'humanité, et conserveraient sans doute les mœurs primitivement communes à toute la famille. Ces espèces, comme la *F. fusca*, n'ont point d'industrie et n'ont point domestiqué d'insectes. Elles fréquentent les bois et les solitudes, et vivent en communautés peu nombreuses comme les sauvages. Leurs combats ne sont que des combats singuliers comme ceux des héros d'Homère, et elles sont souvent réduites en esclavage. D'autres, comme le *Lasius flavus*, domestiquent les pucerons et vivent du produit de leurs troupeaux comme les peuples pasteurs. Leurs communautés sont plus nombreuses, leur architecture présente plus d'art, leurs batailles collectives révèlent des mouvements stratégiques. Certaines espèces sont essentiellement guerrières, et enlèvent les larves de leurs ennemis pour en faire des esclaves.

La fourmi amazone ou *faiseuse d'esclaves* (*Polyergus rufescens*) perce le cerveau de son ennemi, et le tue net

au moyen de ses fortes mandibules. La *Formica exsecta* s'avance en masses serrées : elles attaquent des ennemis plus gros qu'elles en s'y prenant à trois ou quatre, tirant chacune de leur côté, tandis qu'une autre grimpe sur le dos de la victime et lui scie la tête.

Enfin les fourmis *moissonneuses* peuvent être comparées aux nations agricoles.

Les fourmis ont plus d'animaux domestiques que l'homme. On rencontre chez certaines espèces des exemples frappants de l'abaissement des facultés intellectuelles, produit par l'esclavage, chez les races conquérantes qui sont devenues entièrement dépendantes de leurs esclaves : leurs mandibules ont perdu ces dents qui leur servaient d'armes de guerre. Elles ne savent plus se construire de demeure, élever leurs petits, approvisionner la colonie, ni se nourrir elles-mêmes : quand la colonie change de place, les maîtres sont toujours portés par leurs esclaves, et lorsqu'on leur enlève celles-ci, ils ne tardent pas à mourir de faim.

Le célèbre et consciencieux naturaliste Huber, ayant enfermé dans une boîte trente de ces fourmis avec leurs larves et un peu de miel, vit ces amazones mourant de faim abandonner leurs larves. Alors il leur donna une de leurs négresses qui forma un nid, rassembla les larves, et sauva la vie des amazones survivantes.

Il importe au plus haut point de ne pas confondre avec ces réalités merveilleuses les hypothèses fantastiques du naturaliste anglais.

Nous nous permettrons de demander à M. Lubbock, comment il a constaté que le *Polyergus rufescens* dont il s'agit,a réellement *perdu* une grande partie de ses instincts tels que l'art de construire, d'élever ses petits, de s'approvisionner ; et pourquoi les amazones seules sont ainsi dégénérées, tandis que les ouvrières vont à la guerre et leur font des esclaves. Nous serions également curieux de savoir comment il a pu s'assurer que les races pastorales,

comme il les appelle, descendent des races chasseresses et les moissonneuses des pastorales ; pourquoi l'intelligence et l'industrie des moissonneuses (troisième étape sociale) sont inférieures à celles de beaucoup d'espèces guerrières, esclavagistes, etc. Jusque-là, nous nous bornerons à voir dans ces faits ce qui s'y trouve, ni plus ni moins ; c'est-à-dire des manifestations variées, plus ou moins développées, mais invariables pour chaque espèce, d'une industrie inconsciente et providentielle qui mène infailliblement ces espèces par des voies différentes à l'accomplissement de leurs fins respectives.

N'y a-t-il donc que de l'instinct, c'est-à-dire de l'automatisme, chez les animaux, et ne pourrait-on pas constater chez eux une évolution progressive de certaines facultés psychiques ?

Il faudrait rejeter les données de l'observation, pour nier que les manœuvres de certains animaux ne se perfectionnent pas spontanément par l'expérience sans le secours de l'éducation de l'homme.

Laissant de côté les animaux supérieurs qui nous en offrent tant d'exemples, nous nous bornerons à rappeler les observations de Huber fils et de Dujardin sur les abeilles.

L'on sait qu'en général le développement de ce que l'on est convenu d'appeler l'intelligence dans la série animale coïncide avec le développement du cerveau, tandis que la complexité des actions instinctives automatiques coïncide avec le développement des centres de la moelle épinière.

Chez les insectes, plus le volume des corps formés par la substance blanche des nerfs est considérable, et plus l'instinct ou l'intelligence inconsciente se compliquent : ainsi dans l'abeille sociale, la substance blanche forme la 940e partie du volume du corps, tandis que chez les hannetons elle n'en forme que la 33 000e partie. Chez l'abeille la 5e partie du cerveau est formée par la substance blanche qui atteint la moitié du volume total chez la fourmi

neutre. Or cet animal se caractérise, nous venons de le voir, par des mœurs extraordinaires. Les besoins individuels de la vie végétative sont réduits au minimum chez la fourmi neutre, protégée par un tégument solide contre l'exhalation, tandis que la vie de relation se manifeste par une complexité d'action merveilleusement adaptée aux besoins de la communauté.

M. Dujardin a constaté, après Bonnet, Huber, Latreille, etc., que les fourmis, comme les abeilles, ont un langage qui leur permet de se communiquer leurs impressions, de telle sorte que, si l'un des membres de la communauté découvre une proie ou un danger cachés, on les voit tous accourir ou se mettre en défense. Huber père raconte qu'en 1806, il se produisit à Genève une invasion du sphinx tête-de-mort *(Acherontia atropos)*, qui est très friand de miel et saccage les ruches en cassant tous les gâteaux. Les abeilles restèrent longtemps impuissantes contre cette brutale invasion ; mais à la fin elles imaginèrent de construire un bastion de cire, qui s'éleva bientôt à l'entrée de toutes les ruches, et n'avait pour issue qu'une poterne juste assez grande pour laisser passer une abeille à la fois. L'ennemi était vaincu. Quand il reparut au bout de trois ans, les abeilles, profitant de l'expérience acquise, élevèrent immédiatement leur retranchement. Au cap de Bonne-Espérance, où ce papillon est très commun, il se contente souvent d'introduire sa longue trompe dans le miel, et endort les habitants de la ruche par la vibration sonore de ses ailes. Quand il pénètre dans la colonie et s'endort sur place après l'orgie, les abeilles le maçonnent avec de la cire et l'étouffent. En Amérique, les abeilles d'Europe ont rencontré un ennemi plus redoutable dans un oiseau nommé *Guêpier*, qui les saisit au vol et les dévore une à une. L'auteur du *Cultivateur américain*, M. Crèvecœur, vit des abeilles échappées aller sonner l'alarme dans la ruche ; bientôt toute la colonie des abeilles sortit en tumulte et se rassembla en une masse serrée, en

forme de boule, qui s'élança bientôt avec la rapidité d'une bombe contre l'ennemi perché sur un arbre voisin. Du coup l'oiseau fut mis en fuite.

Tous les apiculteurs savent que les abeilles s'apprivoisent et reconnaissent parfaitement leur maître, au point de venir sucer du sucre dans la main.

Les abeilles sont exploitées par d'innombrables parasites, attirés par le miel qu'elles fabriquent. Certains hyménoptères de la même famille s'introduisent pour pondre dans la ruche, comme le coucou dans le nid des oiseaux, à la faveur d'un déguisement parfait qui empêche les abeilles de les reconnaître; c'est là un cas de *mimique* dont l'insecte n'a évidemment pas conscience. M. Fabre a décrit les évolutions et les métamorphoses rétrogrades d'une famille de coléoptères dégradés (méloé), dont la larve, d'abord très agile et munie de fortes mâchoires, pénètre dans la ruche en grimpant sur le dos des bourdons qui visitent les fleurs, et s'introduit ensuite dans les cellules, en passant sur la femelle. Quand celle-ci pond un œuf, la petite larve parasite se laisse tomber dessus, le vide, et se fait de sa coque une nacelle pour voguer dans le miel. Dès lors, les organes de la vie de relation (sens, locomotion) lui deviennent inutiles. Elle se transforme en une larve informe, aveugle, sans pattes, à bouche rudimentaire, mais à ventre énorme, qui dévore tout le miel de la cellule. Puis elle se chrysalide dans sa peau pour passer l'hiver, et redevient larve au printemps pour se chrysalider de nouveau. L'insecte parfait sort enfin de cette nymphe, et va pondre sur les fleurs ou dans les conduits de la ruche.

Encore une fois, que signifient ces instincts changeants et ces adaptations merveilleuses et rapides?

Ils sont absolument inexplicables dans la doctrine positiviste de l'évolution, et démontrent, à notre avis, d'une façon saisissante, l'intervention d'une cause extrinsèque qui a combiné d'avance toutes les adaptations qui se déroulent dans le temps et dans l'espace à l'insu de

l'être qui les réalise. Le *mens agitat molem* du poète se manifeste ici de la façon la plus claire à tout observateur attentif que l'esprit de système n'aveugle point, et l'application de la *méthode d'observation aux phénomènes de la vie* prononce la condamnation du matérialisme avec non moins d'évidence que l'application de la méthode des sciences exactes aux phénomènes de la matière. De tous les faits que nous venons de passer en revue il ressort une conclusion importante, déjà formulée dans cette revue (1).

C'est que si l'animal distingue les phénomènes matériels de la nature, il ne se distingue pas de la nature elle-même, puisque, à parler strictement, il n'a pas la conscience de ce qu'il fait. S'il l'avait, il progresserait comme l'homme d'une façon continue, et l'expérience lui servirait à autre chose qu'à perfectionner ses moyens d'attaque et de défense. La fin de l'animal est bornée à la matière. Celle de l'homme ne l'est pas, parce qu'il a conscience de ses actes et qu'il aspire à l'infini. La conscience de soi et le sens moral qui se manifestent par la soif de la vérité, par l'amour du bien et le sentiment de la justice, permettent à l'homme seul de se soustraire progressivement par le savoir et la volonté à l'esclavage des lois nécessaires de la matière. Plus il saura, plus il voudra, plus il écoutera ces voix intérieures qui l'élèvent, et plus il apprendra à asservir ces forces fatales et brutales, dont le matérialisme proclame la toute-puissance et préfère subir l'esclavage à l'instar de l'animal.

A. Proost,
Professeur à l'Université de Louvain.

(1) Janvier 1880, pp. 193 et suivantes.

LES THÉORIES DU DÉLUGE

VI.

Le déluge quaternaire et successif.

Il y a environ un demi-siècle, les géologues les plus autorisés, et notamment l'illustre Cuvier, croyaient avoir trouvé dans les dépôts et formations post-tertiaires, les traces évidentes du déluge historique.

« Je pense donc, avec M. Deluc et Dolomieu, disait le père de la paléontologie, que, s'il y a quelque chose de constaté en géologie, c'est que la surface du globe a été victime d'une grande et subite révolution, dont la date ne peut remonter beaucoup au delà de cinq ou six mille ans; que cette révolution a enfoncé et fait disparaître les pays qu'habitaient auparavant les hommes et les espèces des animaux aujourd'hui les plus connus ; qu'elle a, au contraire, mis à sec le fond de la dernière mer, et en a formé les pays aujourd'hui habités ; que c'est depuis cette révolution que le petit nombre des individus épargnés par elle se

sont répandus et propagés sur les terrains nouvellement mis à sec, et par conséquent que c'est depuis cette époque seulement que nos sociétés ont repris une marche progressive, qu'elles ont formé des établissements, etc. (1). »

« C'est là, dit ailleurs le même savant, un des résultats les mieux prouvés et les moins attendus de la saine géologie, résultat d'autant plus précieux qu'il lie d'une chaîne non interrompue l'histoire naturelle et l'histoire civile. »

Buckland, dans ses *Vindiciæ geologicæ* et dans ses *Reliquiæ diluvianæ*, professe également l'opinion qui attribue à une inondation générale de la terre le transport des blocs erratiques, les vallées de dénudation, les dépôts que l'on a appelés depuis drift, lehm, lœss, les amas d'ossements réunis dans les cavernes ou mélangés et cimentés avec d'autres débris dans les brèches osseuses.

Léopold de Buch, Pallas, Bigsby, De la Bèche et jusqu'à Alexandre de Humboldt, expliquaient par une violente action des eaux la dispersion lointaine de ces blocs massifs appelés erratiques. Wagner, Burmeister, Greenough, Nérée Boubée, ont admis une inondation générale ayant recouvert toute la terre, comme cause des derniers phénomènes géologiques, des derniers dépôts sédimentaires constatés à la surface du globe (2).

De cette opinion très généralement répandue en un temps parmi les savants, naquit tout naturellement la dénomination de *diluvium* pour désigner l'ensemble des diverses formations que l'on attribuait au déluge universel. On donnait à ces couches le nom même du vaste phénomène d'où l'on croyait qu'elles étaient nées.

(1) Cuvier, *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, 6e édition française, pp. 290 et 291. Paris, Edmond d'Ocagne ; — Amsterdam, Dufour et Ce. 1830.

(2) C'est sur l'autorité de tous ces savants et d'autres encore que s'était appuyé l'illustre cardinal Wiseman dans ses *Discours sur les rapports entre la science et la religion révélée*. La question du déluge y est traitée tout entière à ce point de vue. Trad. de l'abbé de Genoude. 2 vol. in-8°, 1837. — Paris.

Cependant une observation plus minutieuse et plus approfondie des faits ne tarda point à modifier cette vue première. La théorie des glaciers vint donner, de la dispérsion des blocs erratiques, une explication entièrement satisfaisante, mais qui, loin d'impliquer une action violente, ne se comprend au contraire que par une progression d'une extrême lenteur. De même il fut reconnu que l'assise sédimentaire que l'on avait appelée *diluvium* se composait de plusieurs parties distinctes et successives, révélant une action fort lente ou plutôt une série d'actions bien des fois séculaire. Il fut constaté qu'il y avait plusieurs couches de diluvium dues à des causes différentes et se rapportant à des époques fort distantes. Les plaines basses avaient été couvertes par des lacs et des marais ou des tourbières que surmontaient des forêts hantées par les animaux sauvages les plus variés. Beaucoup de régions des continents actuels, exondées depuis, avaient longtemps séjourné sous les eaux de l'Océan. Dans les montagnes, les cavernes à ossements et les brèches osseuses ont livré des dépôts où des restes d'animaux se trouvaient mêlés à des débris de l'industrie humaine ou à des fragments de roches brisées. Ailleurs les eaux, se creusant un passage à travers l'obstacle de collines sédimentaires, les ont coupées par des vallées dites de dénudation. A l'ensemble de formations si variées et d'origine si diverse survenues après les âges tertiaires, on a dû attribuer une époque de longue durée que l'on a appelée *quaternaire*.

Buckland, du reste, n'avait pas tardé à revenir sur sa première appréciation. Avant même que les nouveaux progrès de la science eussent permis de créer cette distribution et classification des terrains post-tertiaires, il jugeait probable que « l'immense inondation » par lui signalée en 1823 n'est pas la même que celle dont l'histoire fait mention, mais qu'elle est la dernière qui l'ait précédée (1).

(1) Le *Monde primitif*, cité par Reusch, trad. Hertel, p. 344.

Greenough avait également modifié son ancienne manière de voir. « Beaucoup de nouveaux faits ont été constatés, dit-il dans *Address at the anniversary meeting of the geological Society* (*London*, 1834), et je dois rétracter ma première explication. De récentes études ont prouvé qu'il faut rapporter à plusieurs périodes différentes les animaux que l'on regardait comme exclusivement diluviens (1). » Sedgwick, un autre géologue anglais, accusait, quelques années auparavant (1831), dans le même recueil, un changement d'opinion analogue.

Aujourd'hui la théorie qui voit dans les formations du diluvium les traces laissées par le déluge historique ne rencontre plus que peu d'adhérents. Elle n'est cependant pas abandonnée tout à fait. Nous aurons à donner un aperçu des considérations sur lesquelles s'appuient ses rares partisans. Mais l'opinion la plus commune est qu'une inondation générale et comparativement calme et graduelle, comme celle que nous dépeint Moïse, n'a pu produire à la surface du globe que des transformations de peu d'importance relative et dont les effets n'auraient pu subsister jusqu'à nous.

Tout au moins peut-on dire avec Sedgwick que les investigations de la science n'ont pas permis jusqu'ici de retrouver les traces physiques du cataclysme destructeur du genre humain.

Quoi qu'il en soit, l'âge de ce que l'on avait appelé le *diluvium*, l'âge quaternaire, dans lequel la période glaciaire est comprise, ne paraît pas avoir duré moins de plusieurs milliers d'années. Sur des couches plus ou moins épaisses de sable, de graviers et de galets charriés par la glace et laissés sur le sol après sa disparition, s'étendait une végétation d'où sont issues des houilles schisteuses, et que recouvraient à leur tour des matériaux semblables amenés par de nouveaux phénomènes de congélation et de liquéfaction. Fréquemment renouvelée jusqu'à la fusion complète

(1) Cf. Reusch, *l. c.* p. 347.

d'une masse de glace de 1000 à 1300 mètres de puissance, comme celle qui a recouvert toutes les vallées des Alpes, toute la Suisse et le Jura, la vallée du Rhin, la Thurgovie, la Bavière et la Souabe jusqu'au Danube, ou encore comme celle qui enveloppait toute la Scandinavie, cette succession d'alternatives doit avoir exigé, dit Credner, un temps énorme. Non moins énorme avait dû être la durée de la formation et de la progression de glaciers de cette importance. « Si l'on admet 100 mètres comme chiffre moyen de cette progression, les blocs de roches transportés à 20, 30 et même 40 milles (1) du point où ils ont été détachés, indiquent que le glacier a employé 1500 à 3000 ans pour parcourir cet espace (2). » Combien de temps, après les deux ou trois mille années employées à leur formation, ces glaciers sont-ils restés stationnaires, et combien de siècles ont-ils mis à disparaître? Quelle durée a été celle des vastes estuaires produits par la fonte de toutes ces masses congelées, et qui ont rempli tous les grands bassins au fond desquels nos cours d'eau actuels dessinent à peine, comparativement, un réseau de faibles rigoles?

Ce qui est certain, ce qui est acquis à la science, c'est que l'homme existait dans cet âge et qu'il y a été contemporain d'espèces animales aujourd'hui éteintes, bien qu'appartenant à des genres toujours existants : hyènes, ours, lions, hippopotames, rhinocéros, éléphants, cerfs, bœufs, chevaux, etc. (3). Des débris d'industrie primitive en silex taillés, en os façonnés et autres, parfois même des ossements humains trouvés gisant dans les cavernes parmi les restes de ces divers animaux, ne laissent aucun doute à cet égard. Que le genre humain ait existé antérieure-

(1) Le mille géographique de 15 au degré vaut 7420 m. (*Annuaire du Bureau des longitudes*, art. *Mesures itinéraires*).

(2) Credner, *Géologie et paléontologie*, p. 633.

(3) Principalement : *Hyæna spelæa*, *Ursus spelæus*, *Elephas primigenius*, *E. antiquus*, *Rhinoceros tichorinus*, *E. fossilis*, *Bos primigenius*, *Megaceros hibernicus*.

ment et dès les âges tertiaires, ceci est infiniment plus douteux ; les probabilités sont même jusqu'ici contraires à cette prétention de certains savants. Il n'en est pas moins incontesté qu'il existait aux âges quaternaires, peut-être même dès leur origine.

Il faut donc que le déluge historique ait eu lieu à un moment donné de l'un de ces âges, et il n'y aurait rien d'étonnant à ce que les effets superficiels de ce fléau destructeur de l'humanité aient confondu leurs traces avec celles de phénomènes analogues, quoique moins généraux, qui l'auraient ainsi précédé et même qui l'auraient suivi. Car la promesse divine formulée à la sortie de l'arche et scellée par l'apparition de l'arc-en-ciel ne doit et ne peut s'entendre que d'une nouvelle destruction de l'humanité et des animaux par un nouveau déluge universel, non d'inondations locales et partielles. En sorte que, masqué pour ainsi dire par des actions multiples et bien des fois séculaires des eaux sur les divers points du globe, tant avant qu'après sa réalisation, le déluge historique, d'une durée relativement instantanée, n'aurait laissé aucune trace qui permît aux savants de nos jours de constater son existence distincte.

Mais qui ne voit la vraisemblance parfaite, toute abstraction faite de la tradition et de l'histoire, de ce grand événement?

La géologie, à la vérité, n'en reconnaît pas les effets d'une manière exacte et précise ; mais l'âge quaternaire tout entier, âge d'extrême humidité atmosphérique, n'est lui-même qu'une longue suite d'invasions successives des eaux sur les continents. Soit que les mers changent l'assiette de leur lit, soit que leurs eaux évaporées s'amassent en gigantesques manteaux de glace sur tous les reliefs de la terre ferme en notre hémisphère ; ou qu'elles retombent en pluies intenses dans les régions basses et dans les plaines, c'est toujours l'humide élément qui triture les couches superficielles, en déplace les débris, les remanie, ou les malaxe avec des fragments d'organismes détruits.

Certes, si la science ne peut prouver directement que le déluge de Moïse a eu lieu, bien moins encore peut-elle le contester ! Dans les plus hautes montagnes d'Europe, d'Amérique et d'Asie on trouve des dépôts d'ossements qui n'ont pu y être amenés que par les eaux : dans les Cordillères, des restes de mastodontes à 2500 mètres et plus d'altitude ; à Guanoco (Amérique du Sud) sous la limite actuelle des neiges perpétuelles, au-dessus de 4000 mètres, des débris de végétaux aquatiques et d'anciennes forêts (Humboldt) ; dans l'Himalaya, des fossiles pétrifiés à 6000 mètres (Lyell). Des avalanches de neiges de la même chaîne, descendues d'une hauteur de cinq mille et quelques cents mètres, ont entraîné des brèches osseuses dans leur chute (1). On ne saurait sans doute attribuer spécialement aux effets du déluge historique l'existence de ces témoins d'inondations qui ont autrefois fait invasion sur les terres : mais on ne saurait méconnaître, à l'encontre, qu'ils prouvent péremptoirement que de très grandes inondations ont eu lieu sur notre sphéroïde.

Au surplus, si la théorie qui veut attribuer au déluge de Moïse l'ensemble des formations quaternaires est aujourd'hui bien délaissée, elle n'est cependant pas entièrement abandonnée. Elle a trouvé, il y a quelque dix ou douze ans, un ingénieux champion dans un naturaliste, membre de la Société géologique de France et auteur de plusieurs ouvrages élémentaires estimés, M. l'abbé Lambert (2). Dans un in-octavo intitulé : *Le déluge mosaïque, l'histoire et la géologie* (3), il s'efforce de rattacher au grand châtiment infligé à l'humanité après Adam les diverses formations post-tertiaires anciennes.

Tout récemment encore, un autre savant, bien connu

(1) Cf. Reusch, *l. c.* p. 374.

(2) *Éléments de Géologie, Botanique, Zoologie. Nouveau guide du géologue en France*

(3) 2e édition, 1870. — Paris, Palmé.

des lecteurs de cette revue, membre, lui aussi, de la Société géologique de France, exprimait l'opinion que la catastrophe diluvienne trouverait son explication géologique dans quelques-uns des phénomènes attribués à l'époque quaternaire. M. l'abbé Hamard estime que nos modestes cours d'eau, quelque agrandis qu'on les suppose par la fonte des glaciers quaternaires, sont impuissants à expliquer le creusement des vallées. Pour lui les terrains du *diluvium* sont loin sans doute de provenir *tous* du cataclysme dont ils ont emprunté ce nom ; mais il ne voit aucune raison pour que le *diluvium gris* n'ait pas ce grand événement pour origine.

Ce n'est qu'incidemment que M. l'abbé Hamard aborde cette question dans ses *Etudes critiques d'archéologie préhistorique*, au chapitre intitulé : « Date de la période glaciaire » (1). Il n'entre à ce sujet dans aucun développement, ce qui ne nous permet ni de nous ranger à son avis ni de l'apprécier : nous nous bornons à le mentionner comme fournissant un élément de plus à l'étude qui nous occupe.

Revenons à la théorie de M. l'abbé Lambert.

Deux difficultés se présentent tout d'abord : il n'a pas de peine à faire évanouir l'une ; nous verrons comment il cherche à éluder l'autre.

La première est celle des plus hautes montagnes du globe entièrement couvertes par les eaux. Les formations incontestablement quaternaires ne dépassent pas un niveau dont l'altitude la plus grande est relativement faible, 500 à 600 mètres au plus. Les dépôts d'ossements ou de fossiles trouvés à de très grandes hauteurs n'appartiennent pas au diluvium. Le mastodonte, par exemple, est un animal miocène : la présence de ses ossements à 2500 mètres dans les Cordillères n'indique donc pas un gisement quaternaire. Les dépôts du diluvium proprement dit ne se rencontrent

(1) Reproduit dans les *Questions controversées*, 2e série, 1881. Paris, librairie de la Société bibliographique.

d'ailleurs que dans les plaines, les vallées, et sur les pentes ou les plateaux des collines, et les cavernes à ossements ne dépassent guère un niveau analogue (1).

La seconde difficulté, beaucoup plus grave que la première, provient de la durée un grand nombre de fois séculaire de l'époque qui a suivi les âges tertiaires, tandis que l'arche de Noé n'a flotté que pendant un an sur les eaux.

Quant à *toutes les hautes montagnes qui sont sous tous les cieux* du verset 19, au chapitre VII de la Genèse, qui furent couvertes par les eaux : *operti sunt omnes montes excelsi qui sub toto cœlo*, d'après Walton ou *sub universo cœlo* de la Vulgate, M. l'abbé Lambert admet, avec beaucoup de commentateurs, que ces expressions sont métaphoriques et ne doivent pas être prises au pied de la lettre. En une foule de circonstances, en effet, l'Écriture sainte emploie la forme superlative, se sert d'expressions qui ont littéralement un sens général ou universel, alors que le sens certain, naturel, éclairé par le contexte, est particulier ou du moins restreint dans des limites qui n'ont rien d'universel ni de superlatif.

On peut citer plus d'un exemple de l'emploi de telles formes de langage.

Il est dit (*Gen.* XLI, 54) qu'au temps de Joseph il y avait du pain dans toute l'Égypte alors que la famine régnait *dans tout l'univers*, IN UNIVERSO ORBE,.... la famine croissait sur toute la terre, *in omni terra* (56) et l'on venait de *toutes* les provinces acheter des vivres en Égypte. Ici *tout l'univers*, comme *toute* la terre, comme *toutes* les provinces, ne peuvent s'entendre que d'un certain rayon autour de l'Égypte.

« Hodie incipiam mittere terrorem atque formidinem tuam *in populos qui habitant sub omni cœlo* (2), » dit le Seigneur aux Israélites pour leur annoncer la victoire qu'ils rem-

(1) Cf. Abbé Lambert. *Le déluge mosaïque*, 2e édit., pp. 358, 385.
(2) Deutéronome, II, 25.

porteront sur les Amorrhéens : « Aujourd'hui je commencerai à jeter la terreur et l'effroi devant vous *parmi les peuples qui habitent sous tous les cieux...* » Est-ce à dire que l'effroi des armes juives sera inspiré à tous les peuples de l'univers? Évidemment non ; il n'est, il ne peut être question que des peuples avec lesquels les Israélites sont ou peuvent se trouver en lutte : cependant, à prendre le texte dans son sens étroit, il faudrait étendre cette terreur des phalanges hébraïques au xve siècle avant Jésus-Christ, jusqu'aux peuplades qui pouvaient exister en Australie et en Amérique !

Il est dit aussi au IIIe livre des Rois (1) que Salomon surpassa en richesse et en sagesse *tous les rois de la terre*, « magnificatus est... *super omnes reges terræ*, » et que toute la terre, *universa terra*, désirait le voir. Il est encore évident que « toute la terre » ne peut signifier ici que l'ensemble des peuples connus du peuple juif ou qui le connaissaient au temps de Salomon : assurément ni les tribus qui habitaient alors l'intérieur de la Gaule ou de l'Ibérie, ni celles qui peuplaient le centre ou le sud de l'Afrique, ne pouvaient desirer voir un souverain dont elles ignoraient même l'existence. De même quand, d'après saint Mathieu (xii, 42), Jésus-Christ dit que la reine du midi est venue *des extrémités de la terre :* « Regina austri venit *a finibus terræ*, » pour entendre la sagesse de Salomon, Notre-Seigneur se servait des formes expressives et imagées propres aux langues orientales et particulièrement à la langue hébraïque : l'Idumée, située dans l'Arabie heureuse, est ici désignée comme étant aux extrémités de la terre, simplement pour marquer une grande distance de la résidence du roi Salomon, et un voyage long et difficile pour aller jusqu'à lui.

Pareillement « toutes les hautes montagnes qui sont sous tous les cieux, » est un ensemble d'expressions qui peut très bien s'interpréter dans le sens de toutes les montagnes con-

(1) Chap. x, 23, 24.

nues, ou situées dans les régions connues de Noé. Si même l'on admet, ce qui est infiniment probable, que Moïse a écrit le récit du déluge non d'après une inspiration directe de Dieu, mais d'après la tradition orale ou écrite transmise par Noé et ses fils, on doit entendre « toutes les montagnes qui sont sous tous les cieux » de toutes les montagnes que les témoins sauvés du déluge voyaient disparaître sous les eaux du sein de l'arche où ils étaient en sûreté. « *Tous les cieux*, » c'est-à-dire toute l'étendue de l'horizon qui s'ouvrait, sans que rien la fermât, autour de l'esquif flottant. Noé et les siens ne pouvaient rien voir et partant rien savoir au delà.

Cette interprétation n'est pas nouvelle. Elle existait déjà au temps de saint Augustin. On exceptait alors les montagnes dont la cime s'élève au-dessus de la région ordinaire des nuages.

Telle était aussi, au XVIe siècle, l'opinion du cardinal Cajétan qui entendait par *le ciel*, en la circonstance, les nuages du ciel. Le jésuite Nicolaï, à la fin du XVIIIe siècle, estimait qu'il suffisait d'admettre que les eaux s'étaient élevées de quinze coudées au-dessus des montagnes d'une hauteur plus commune que celles d'une élévation extraordinaire comme les Cordillères ou le Pic de Ténériffe (1). Mais quelle qu'ait été la manière de voir des anciens exégètes sur ce point, on peut affirmer qu'une telle opinion est licite, qu'elle n'intéresse ni le dogme ni la morale et n'entrave en rien le complet accomplissement des vues divines. C'est du reste aussi l'opinion d'un commentateur contemporain dont nul ne contestera la compétence et l'orthodoxie, le P. Pianciani, S. J. (2).

Le peu d'élévation relative des plus hautes couches du diluvium n'est donc pas un obstacle à ce que l'on considère ces formations comme le produit du déluge de Noé.

(1) Cf. Reusch, *l. c.* p. 373 *ad not.*
(2) *Cosmogonia.*

La durée millénaire des âges diluviens constitue une objection d'une bien autre valeur contre l'attribution à ce déluge des phénomènes géologiques qui leur sont propres. Voici comment M. l'abbé Lambert aborde cette difficulté.

Il pose d'abord les deux conclusions qui lui paraissent résulter de l'état actuel des connaissances géologiques : « Il est impossible, dit-il, d'après les faits naturels, d'admettre pour la formation du diluvium et des terrains qui lui sont postérieurs, une période de temps aussi courte que les chronologistes l'ont indiquée, et il est tout aussi impossible que les couches du diluvium aient été formées simultanément dans toutes les contrées du globe (1). » La durée des dépôts d'où elles proviennent a été la durée même des âges quaternaires.

Or cette durée a été considérable, il n'est plus permis de le révoquer en doute aujourd'hui. Si donc l'on rencontre des restes de l'homme ou des débris de son industrie dans des terrains qui se sont formés avec cette extrême lenteur, il faut bien reconnaître qu'il a existé au début de la déposition de ces terrains. De même, quand d'autres formations se sont déposées par-dessus les premières, composées d'autres éléments minéralogiques et mêlées d'autres débris d'êtres organisés, il faut tenir compte du temps nécessaire à ces nouveaux dépôts. Ces nouvelles durées, ajoutées aux premières, impliquent une chronologie de fait très supérieure aux chronologies écrites, et obligent à considérer celles-ci comme incomplètes. Mais cet abandon de l'opinion que l'on s'était faite jusqu'ici des périodes de temps restreintes pendant lesquelles l'homme aurait vécu avant le déluge et immédiatement après, n'entraîne aucune contradiction avec le récit de Moïse. Pas plus qu'il n'écrivait pour enseigner les sciences naturelles à son peuple, le législateur des Juifs ne visait à leur donner sur la chronologie méthodique des notions dont la précision n'intéresse en rien les matières

(1) L'abbé Lambert, *l. c.* p. 464.

de morale ou de foi. D'ailleurs les différentes versions de la Bible varient tellement sur la question des dates, que l'on a pu bâtir sur leurs textes plus de deux cents systèmes chronologiques différents entre les deux intervalles extrêmes de 3616 ans (Lippomann) et de 6984 ans (Alphonse X de Castille) attribués au temps écoulé de la création d'Adam à la naissance de Notre-Seigneur Jésus-Christ ; soit une différence de près de 3400 ans (exactement 3368). En présence d'une pareille incertitude, il est permis de dire avec feu le vénérable abbé Le Hir, en son vivant professeur d'Écriture sainte au séminaire de Saint-Sulpice, que « la chronologie biblique flotte indécise, » et que « c'est aux sciences humaines qu'il appartient de retrouver la date de la création de notre espèce, » ce qui revient à dire avec un illustre chrétien, Sylvestre de Sacy, *qu'il n'y a pas de chronologie biblique*, au moins antérieurement à Abraham (1). Par suite il n'y a aucune opposition à établir ou à redouter entre la haute antiquité de l'homme et celle de l'événement historique du déluge telle que la révèlent les observations géologiques d'une part, et d'autre part la narration de Moïse interprétée dans les limites et selon les principes d'une saine exégèse.

(1) Voici le tableau des espaces de temps écoulés entre Adam, le Déluge et Abraham, d'après les trois principales versions de la Genèse.

	Version samaritaine.	Version hébraïque.	Version des septante.
De la création d'Adam au déluge :	1307 ans	1656 ans	2242 ans
Du déluge à la vocation d'Abraham :	1015	365	1145
D'Adam à la vocation d'Abraham :	2322	2021	3387

D'après G. Molloy, *Géologie et révélation*, trad. abbé Hamard. Paris, Haton.)

Entre ces trois systèmes, qui varient encore dans le détail, suivant le mode de supputation de chaque commentateur (les chiffres de l'abbé Lambert sont assez sensiblement différents), l'Église ne se prononce point. On peut donc admettre celui que l'on préfère : mais il résulte nécessairement de là qu'on peut les rejeter tous, aucun d'eux n'offrant de garantie de certitude.

En ce qui concerne la seconde conclusion, on ne peut admettre que les couches diluviennes aient été formées simultanément dans toutes les contrées du globe, et l'on est forcé de reconnaître qu'elles ont été déposées successivement pendant les âges quaternaires. Mais Moïse, qui écrivait pour les Hébreux, s'attachait surtout à leur rappeler l'histoire de leurs pères et à faire ressortir à leurs yeux l'intervention de la Providence; il ne s'occupait jamais des peuples étrangers au peuple juif, si ce n'est dans leurs rapports avec lui. Quoi d'étonnant si, à propos de la grande inondation qui aurait submergé *successivement* toute la terre, il se fût borné à énoncer seulement le fait local, l'accident particulier à la nation juive? Ainsi d'après M. l'abbé Lambert, le déluge de Noé a bien été universel par rapport au sphéroïde terrestre, à la seule exception des hauts sommets; mais il n'a pas été *simultané*, et les détails du livre sacré se rapportent seulement à l'épisode de la grande et générale inondation, concernant Noé, sa famille et la société au milieu de laquelle il vivait. Réduits à ces termes, « tous les faits rapportés par Moïse sont absolument vrais, avec toutes leurs circonstances de lieu, de temps et d'intensité. » Avec le système d'une inondation universelle et simultanée, « on vient se heurter à des difficultés insurmontables. » M. l'abbé Lambert, à l'appui de cette assertion, indique brièvement les principales difficultés que nous avons énumérées dans notre précédent article, en dehors toutefois de l'hypothèse d'un changement d'équilibre résultant d'un déplacement de l'axe terrestre. Or la science géologique atteste, suivant lui, l'universalité du déluge, puisqu'il est reconnu: qu'il existe « sur toute la terre » des assises d'un terrain de transport formé pendant l'âge quaternaire et renfermant partout des fossiles des mêmes animaux avec des ossements humains et des traces d'industrie humaine; que, contemporain des grands mammifères éteints, l'homme a vécu avant la formation du diluvium; et que « lui aussi a été victime d'une

inondation, d'un envahissement des eaux dont l'effet s'est fait sentir sur tout le globe (1). »

Au résumé, d'après M. l'abbé Lambert, l'humanité a été détruite à une certaine époque des âges quaternaires, la famille de Noé exceptée, par un déluge qui a inondé tout le globe jusqu'à une hauteur suffisante pour atteindre tous les lieux habités, mais sans recouvrir toutefois les montagnes élevées et sans monter beaucoup plus haut qu'une altitude de 600 mètres. Seulement, cette inondation n'a pas été simultanée, elle est résultée d'une série de déluges partiels mais successifs, peut-être consécutifs, et constituant par leur ensemble un déluge vraiment universel dans ses résultats, bien que successif dans ses développements. Le récit de Moïse se rapporterait seulement à l'épisode de ce grand drame géologique dont Noé et sa famille ont été les témoins.

Ce que l'auteur n'ajoute pas, mais ce qui résulte implicitement de sa théorie, c'est que cet épisode spécial a dû être le dernier de tous et clore la série. Autrement on s'expliquerait difficilement la promesse divine de ne plus détruire l'humanité, de ne plus faire subir à la terre un nouveau déluge, et le sceau de cette promesse fourni par l'arc-en-ciel, si, à ce moment même, il restait encore une partie de l'humanité destinée à périr par la continuation du même fléau non entièrement épuisé.

(1) Cf. *Le déluge mosaïque*, pp. 481 à 486.

VII.

Localisation du déluge universel.

Nous avons cru devoir exposer bien complètement la théorie, à beaucoup d'égards importante, de M. l'abbé Lambert. Elle est loin, cependant, de résoudre toute difficulté.

Cette série de déluges locaux, dont on ne peut considérer la succession comme constamment consécutive que par une supposition tout à fait gratuite, soulève bien des objections. Si ces inondations partielles de toutes les portions du globe ont été séparées les unes des autres par des intervalles de temps plus ou moins longs, ce sont des faits différents du déluge biblique, indépendants de lui, et alors ce dernier n'est plus qu'un déluge partiel au moins quant au monde matériel. Qu'il y ait eu des hommes détruits par les inondations antérieures, cela n'infirme pas notre proposition : l'hunanité pouvait avoir été réduite, antérieurement à Noé, quant à la quantité des individus ; mais elle subsistait, en tant qu'humanité, dans son groupe principal, son noyau, constituant probablement la société policée de ce temps-là.

Si les inondations partielles sont supposées consécutives, — ce à quoi rien n'autorise d'ailleurs — celle de Noé arrivant la dernière, on s'explique difficilement que celle-ci n'ait pas été pressentie par ceux qui en devaient être les victimes. Si rares et malaisées que l'on suppose les communications à cette époque reculée, on a peine à admettre que la plus grande partie du globe, les neuf dixièmes peut-être, aient été couverts par les eaux sans que les habitants du dernier dixième s'en soient aperçus et sans

qu'aucun d'eux ait pu se procurer les moyens de trouver un refuge, avant l'invasion du fléau, en quelqu'un des points par lesquels il avait déjà passé. On peut répondre, il est vrai, que chacune des inondations antérieures se serait réalisée avec une grande lenteur et aurait passé comme inaperçue dans les parties non encore atteintes. Mais alors l'inondation de Noé aurait donc été la seule rapide, la seule revêtant le caractère d'un cataclysme? Nous rentrerions ainsi dans le cas précédent, et le déluge biblique serait encore un fait complètement distinct des déluges partiels, même consécutifs, qui l'auraient précédé.

D'un autre côté, tout en adoptant dans une large mesure l'interprétation qui permet d'excepter de l'inondation les sommets des montagnes les plus élevées, il semble bien difficile, si l'on admet l'universalité du déluge par rapport au sphéroïde terrestre, de ne faire monter cette inondation que jusqu'à une hauteur de 600 mètres : ce ne seraient pas les sommets les plus élevés seulement qui auraient échappé au déluge, mais la majeure partie des massifs montagneux. Parmi les hommes qui habitaient ces régions, les uns eussent pu n'être pas atteints par le fléau, et les autres eussent trouvé en grand nombre un salut assuré en s'élevant seulement de quelques centaines de mètres.

Au lieu que les couches de diluvium, observées dans les plaines et sur les pentes et les plateaux des collines jusqu'à une altitude de cinq à six cents mètres, semblent trouver une explication assez naturelle dans les inondations locales résultant de la fonte des immenses glaciers quaternaires ; il se formait alors de gigantesques estuaires entre des berges constituées par les flancs mêmes des montagnes ; et sous leur niveau disparaissaient collines et plateaux inférieurs. C'étaient de grandioses inondations ; les inondations minuscules dont nous sommes de loin en loin les témoins attristés et qui causent tant de désastres, parfois tant de morts d'hommes et d'animaux, ne nous offrent qu'une réduction en miniature bien insuffisante à nous donner

une idée de celles d'alors. Mais enfin celles-ci peuvent s'expliquer sans l'ouverture de toutes les écluses du ciel et surtout sans la rupture des barrières de l'abîme. Une élévation de quelques degrés dans la température atmosphérique pouvait y suffire.

Toutefois relevons, avant d'aller plus loin, une considération très importante qui ressort victorieusement de la théorie que nous venons d'exposer : c'est celle en vertu de laquelle M. l'abbé Lambert, à la suite de bien d'autres commentateurs au surplus, admet l'interprétation en un sens restreint et non littéral des locutions superlatives et hyperboliques employées dans certains passages du récit de Moïse.

S'il est licite, comme nous le pensons, d'excepter de l'inondation diluvienne les sommets des plus hautes montagnes, il l'est également, et pour des raisons tout aussi fortes, d'excepter de même d'autres parties non habitées du globe. Nous essaierons de le démontrer tout à l'heure.

Mais déjà cette interprétation donne une plus grande vraisemblance à la théorie précédemment exposée et qui attribue la cause seconde et immédiate du déluge universel à un déplacement de l'axe terrestre. On se rappelle peut-être que la principale objection qui s'était offerte à nous contre cette théorie résidait dans un soulèvement des mers assez violent pour former un flot, une barre, un ras de marée tellement gigantesque que les sommets des plus hautes montagnes du globe eussent disparu sous ses vagues déchaînées. Une suffisante rapidité dans le déplacement de l'axe peut sans doute l'expliquer ; mais alors cette violence même est exclusive de la progression graduelle des eaux que nous décrit la Bible. Le flot immense et furieux devait tout détruire, tout broyer sur son passage, l'arche comme le reste, à moins d'un miracle spécial et *ad hoc*. Mais si nous exceptons toute la partie des reliefs orographiques que l'on peut considérer comme inaccessible à l'homme, surtout en un moment de désordre et de confu-

sion extrême comme celui de l'inondation diluvienne, la difficulté disparait ou du moins perd une bonne part de son importance. Un déplacement de l'axe réalisé plus lentement pouvait sans doute imprimer à la rupture de l'équilibre des eaux une modération relative assez grande pour que leur niveau pût atteindre à la hauteur voulue, sans que ce fût avec la violence extrême nécessitée par la submersion, eût-elle été instantanée, de sommets dépassant 6000, approchant même 9000 mètres d'altitude.

Si nous avons cru devoir appeler l'attention sur le plus grand degré de vraisemblance que donne, à la théorie du déluge par déplacement de l'axe du globe, l'interprétation qui exclut de la submersion les plus hauts sommets des montagnes, ce n'est pas que nous soyons disposé à nous rallier de préférence à cette théorie. Il nous a paru seulement que, dans une exposition critique de toutes celles qui ont ou peuvent avoir cours, il était nécessaire de n'omettre aucun des éléments capables d'y apporter quelque lumière.

Mais il est une autre explication du déluge de Moïse qui, par une interprétation des textes parfaitement licite et orthodoxe bien qu'un peu moins étroite que jadis, renverse toutes les objections et supprime toute difficulté.

Cette interprétation est du même ordre que celle adoptée par M. l'abbé Lambert relativement aux sommets des montagnes ; elle en est, à vrai dire, une simple extension ; et l'on peut s'étonner que ce savant commentateur, qui l'a d'ailleurs développée et fortement motivée, n'en ait pas appliqué à sa théorie les conséquences totales. Il est bien évident que si l'on explique la mention de *toutes* les hautes montagnes qui sont *sous tous les cieux* par une forme métaphorique du langage, il n'y a aucune raison pour ne pas appliquer la même interprétation aux autres détails descriptifs du récit. La règle qui doit guider l'exégète, ici comme partout et toujours, est celle qui consiste à rechercher en quoi ces détails peuvent intéresser la morale ou le dogme,

ou même la véracité de l'écrivain. Quel but se proposait Moïse, guidé par l'inspiration divine, en fixant dans les livres sacrés, le souvenir de la grande catastrophe diluvienne? Nous l'avons dit plus haut, il voulait lui donner l'enseignement du châtiment infligé par le Tout-Puissant à l'humanité entière en punition de sa corruption et de ses crimes, lui faire connaître la renaissance de cette même humanité par Noé et ses fils, de l'aîné desquels descendait le peuple juif.

Mais pour que ce but fût atteint d'une manière pleine et entière, il suffisait que le déluge eût couvert la portion de la terre alors habitée par l'homme. On ne sort pas des limites de la plus stricte orthodoxie en attribuant l'universalité du déluge, non au globe terrestre, mais à l'humanité, telle qu'elle existait au moment de sa réalisation.

Rien même, dans le texte biblique, ne contredit cette interprétation. Essayons de le faire voir :

« J'exterminerai, dit Jéhova, l'homme que j'ai créé, de la surface du *sol*, depuis l'homme jusqu'au *bétail*, jusqu'aux reptiles, jusqu'aux oiseaux des cieux (VI, 7). »

La Vulgate dit bien, au lieu de « surface du sol », et la « face de la terre », Walton de même : *desuper facies terræ*. Mais le mot *adamah* employé dans le texte hébreu signifie plus particulièrement, dit M. François Lenormant, *la terre cultivée*, habitée, une région, un pays (1). Aussi cet orientaliste a-t-il traduit plus littéralement par *surface du sol*. « Depuis l'homme jusqu'aux animaux, *usque ad* ANIMANTIA » dit la Vulgate : mais l'hébreu dit *behemah*, qui signifie spécialement *jumentum*, c'est-à-dire les animaux supérieurs, les

(1) Il y a deux mots en hébreu pour désigner la terre : 1° *haretz* dont le sens est susceptible de l'acception la plus large et de l'acception la plus restreinte de l'idée, et que la Bible emploie toujours quand il s'agit de l'ensemble du globe terrestre ; 2° *adamah* qui n'a jamais qu'une acception restreinte... C'est ce dernier qui est employé lorsqu'il est dit que « les eaux du déluge couvrirent toute la surface de la terre ». — Fr. Lenormant, *Manuel d'histoire ancienne de l'Orient*, t. Ier, pp. 9 et 10 1869. Paris, A. Lévy.

mammifères et, par appropriation, le bétail. Quant aux reptiles (*usque ad reptile*), ils traduisent en effet le mot *remesch*, mais avec une acception différente de celle que le mot reptile possède aujourd'hui dans nos classifications zoologiques. Jusqu'au XVIe siècle les naturalistes ont donné le nom d'animaux rampants même aux petits mammifères se mouvant à proximité du sol comme fouines, furets, belettes, et, philologiquement, *remesch* signifie un animal qui se meut près de terre ou qui rampe : il comprend donc aussi bien les reptiles de notre classification contemporaine que tous autres animaux dont le corps est peu distant du sol, en opposition avec les oiseaux qui s'élèvent dans les airs.

Le verset sixième que nous venons de citer pourrait donc légitimement s'interpréter ainsi :

« L'homme que j'ai créé, dit Jéhova, je l'exterminerai de la surface des pays qu'il habite, lui et tout bétail gros et petit à son usage, jusqu'aux oiseaux du ciel. »

Un peu plus loin, à la vérité, il est dit (11 et 12) que la terre est corrompue, non pas la terre restreinte au sol cultivé ou habité, mais la terre en général, *haretz*. Mais cette expression ne peut se prendre que dans le sens allégorique ; ce qui est corrompu, ce qui est rempli d'iniquité, ce ne sont pas les roches dont se compose l'écorce solide du sphéroïde terrestre, c'est évidemment l'humanité. Le choix du mot *haretz*, dans cette métonymie, a sa raison d'être pour exprimer la corruption du genre humain rendue sous une couleur plus énergique encore par cette phrase : «*toute chair avait corrompu sa voie sur la terre*, » qui ne peut évidemment s'appliquer qu'à l'homme, seul être raisonnable et libre ici-bas. Par suite quand, au verset suivant, Dieu s'exprime en ces termes : « *La fin de toute chair est venue devant moi*, » le mot *basar*, chair, ne peut signifier que la chair douée de raison, c'est-à-dire les hommes, comme le prouve, au surplus, la suite du même texte : « *car la terre est remplie de violence par eux.* »

Du reste les mots *adamah*, terre cultivée ou habitée, et *haretz*, la terre en général, sont fréquemment pris l'un pour l'autre ; mais cette circonstance importe peu : le génie métaphorique des langues orientales, qui tend le plus souvent à l'hyperbole, suffit surabondamment à donner la raison de termes qui, pris à la lettre, auraient une signification plus étendue.

Reproduisons encore quelques-uns des passages les plus accentués dans le sens de l'universalité :

« Je ferai venir le déluge des eaux sur la terre pour détruire toute chair qui a en elle le souffle de la vie sous les cieux ; tout ce qui est sur la terre expirera. » (Chap. VI, v. 17.)

« Je détruirai tout être que jai fait de dessus la face du sol (*adamah*). » (Chap. VII, v. 4.)

« Et expira toute chair qui se meut sur la terre, en oiseaux, en bétail (*behemah*), en animaux sauvages, et en tout reptile (*remesch*) qui rampe sur la terre, et aussi tout homme. » (v. 21.)

« Tout ce qui respirait le souffle de vie dans ses narines, tout ce qui était sur la terre sèche (*omne quod in sicco*) mourut. » (v. 22.)

La signification de ce compte rendu des effets du déluge est encore accentuée, avec cette richesse d'images propre aux langues sémitiques, dans le verset 23e :

« Et fut détruit tout être vivant qui était sur la face du sol, *super faciem terræ* (*adamah*), depuis l'homme jusqu'au bétail (*behemah*, jumentum), aux reptiles (*remesch*) et aux oiseaux des cieux, et ils furent exterminés de dessus la terre (*haretz*). »

Rien, dans tous ces passages, si énergiques qu'en paraissent les expressions, n'offre de difficulté à l'interprétation qui fait de la *terre*, objet de l'invasion diluvienne, le con-

tinent ou la portion de continent habitée par les hommes. Cette restriction étant admise, toutes les énumérations ou appellations collectives contenues dans les passages que nous venons de citer s'y adaptent tout naturellement, et le châtiment que Dieu inflige aux hommes n'en est pas moins complet, pas moins terrible, et n'en produit pas moins tous ses effets par rapport à eux.

Le seul texte qui, dans tout le récit de l'invasion des eaux, pourrait prêter à quelque contestation sur ce point, c'est celui des versets 19 et 20 :

19. « Et les eaux prirent de plus en plus de force sur la terre, et *toutes les hautes montagnes qui sont sous tous les cieux* furent couvertes. »

20. « Quinze coudées au-dessus s'élevèrent les eaux, et les montagnes furent couvertes. »

M. l'abbé Glaire traduit même : « Toutes les plus hautes montagnes, » ce qui paraît plus conforme encore au sens strict du texte hébreu.

Mais nous avons été déjà au-devant de cette prétendue difficulté quand il s'est agi de démontrer (pp. 156 et suiv.) que ces expressions n'impliquaient aucunement l'engloutissement par les eaux des sommets de montagnes situés en dehors de l'*horizon* que le regard de Noé et des siens pouvait embrasser autour de l'arche. M. l'abbé Glaire, le docte hébraïsant, semble bien admettre ce sens, dans sa traduction du verset 19e du chapitre VII à laquelle il vient d'être fait allusion, et qui est ainsi conçue :

« Les eaux étaient si prodigieusement accrues, que les plus hautes montagnes *du vaste horizon* en furent couvertes (1). »

Pour lui *tous les cieux* ne signifient pas autre chose que *le vaste horizon*.

Il y a mieux. Si le récit de Moïse n'est autre que la reproduction du récit de Noé et de ses fils transmis de

(1) Cf. Lambert, *l. c.*, pp. 379, 380.

génération en génération, le sens des termes employés ne peut même pas s'expliquer autrement. On ne saurait s'étonner que l'Australie, que les deux Amériques, que l'Afrique australe, ces continents dont la découverte est toute moderne, fussent inconnues de Noé et de ses contemporains. En des temps que l'on peut presque considérer eux-mêmes comme modernes en regard de la haute antiquité probable de ceux où vivait l'illustre patriarche, Pline, Ptolémée, Hipparque, Aristote, tous grands savants pour leur époque, n'entendaient, sous la dénomination de *monde* ou d'*univers*, qu'une très faible portion de l'étendue du globe terrestre. Noé, suivant toute probabilité, n'en savait pas plus qu'eux en matière de géographie, probablement moins encore. En zoologie, ses connaissances ne devaient pas être plus étendues que les leurs, et se bornaient sans doute aux animaux existant dans le pays qu'il habitait et dans les pays les plus voisins : en tout cas, elles ne s'étendaient certainement pas au delà de la terre habitée par l'humanité civilisée. Or, s'il en est ainsi, dit Pianciani, « Noé et les siens, en racontant l'histoire du déluge, et Moïse en l'écrivant, pouvaient parfaitement se servir de ces expressions : toute la terre, tous les animaux, toutes les hautes montagnes qui sont sous le ciel, quoique ces expressions ne puissent être entendues que des parties de la terre, des animaux et des montagnes plus ou moins connues par eux (1). »

Cette interprétation ne date pas seulement de notre époque contemporaine. Vers la fin XVIIe siècle, elle avait été vigoureusement soutenue par Isaac Vossius qui allait même jusqu'à limiter à la Syrie et à la Mésopotamie les contrées habitées au temps de Noé : le déluge n'eût ainsi envahi, d'après lui, qu'une région qui ne représenterait pas la centième partie du globe. A cette époque, exposer une telle opinion, c'était aller à l'encontre des idées uni-

(1) Pianciani, *Cosmogonia*, p. 543 Cf. Reusch, *La Bible et la Nature*.

versellement reçues. Les écrits de Vossius furent déférés à la Congrégation de l'Index. Mais il trouva un chaleureux défenseur dans Mabillon, qui était alors à Rome et soutint la même thèse, si bien que les neuf cardinaux qui composaient la congrégation se rangèrent à l'avis du savant bénédictin. Si néanmoins un décret du 2 janvier 1686 mit à l'index les opuscules dans lesquels Vossius soulevait cette interprétation, ce ne fut point à cause d'elle, mais en raison d'autres propositions plus ou moins dignes de censure, « et la manière dont il soutint son sentiment, dit M. l'abbé Glaire dans les *Livres saints vengés*, est de nature, incontestablement, à lui mériter quelque blâme (1). »

Dom Calmet, pour combattre cette thèse, se servit d'arguments assez faibles. Si le déluge avait dû se borner à couvrir la portion habitée de la terre, Dieu aurait agi d'une manière peu raisonnable en faisant construire par Noé une arche destinée à le porter, lui, sa famille et tous les animaux, à la surface des ondes pendant la durée de l'inondation. Il suffisait de lui ordonner de se retirer avec sa famille dans l'un des pays non habités que le déluge ne devait pas atteindre. Et puis, du moment que l'eau s'élevait sur un point du globe à une grande hauteur, elle devait s'élever à la même hauteur sur tous les autres points.

Est-il besoin de répondre à ce dernier argument que l'*élévation* de l'eau est toute relative au sol qu'elle recouvre, et qu'un affaissement du continent habité rendrait parfaitement compte de son inondation par la *rupture des sources du grand abîme*, sans que les autres parties non affaissées ou peut-être soulevées par contre-coup aient été sous les eaux?

L'autre considération n'a guère plus de valeur. Les pays non habités avoisinant les contrées que les hommes d'alors considéraient comme l'univers, étaient sans doute

(1) Cf. Lambert, *l. c*, pp. 370 et suiv., Moigno, *Les splendeurs de la foi*, t. III, p. 1129.

peu habitables, dépourvus certainement d'animaux domestiques et peuplés tout au plus par les bêtes féroces. Ils étaient sans doute fort éloignés du lieu, probablement centre du monde civilisé, où résidaient Noé et ses enfants. Limité aux huit membres de la famille du patriarche, un tel voyage en un tel temps, parmi des hommes si profondément pervers, pouvait n'être pas sans danger. Il eût fallu aussi se faire suivre de tous les animaux qui trouvèrent place dans l'arche, autrement ces animaux eussent péri ; et, sauvé des eaux, le germe de l'humanité nouvelle eût risqué de périr à son tour, privé du secours et des éléments de nourriture qu'il dut trouver dans les animaux préservés. Mais faire faire le même voyage par terre à une pareille ménagerie eût été bien plus extraordinaire encore que de la faire entrer et de la parquer dans un immense édifice naval construit en conséquence. Ajoutons que ces pays déserts que Noé aurait dû gagner pouvaient fort bien être séparés des terres habitées par des bras de mer plus ou moins larges qu'il eût fallu traverser, et peut-être d'ailleurs l'art de la navigation n'existait-il pas encore.

L'argument de Dom Calmet n'a donc pas grande force.

Réservons notre attention pour des difficultés plus sérieuses.

VIII.

L'universalité restreinte au genre humain.

On pourrait objecter avec plus de raison, à la localisation du déluge universel, que l'on trouve aujourd'hui des traces de l'existence de l'homme à peu près partout où les formations quaternaires ont été observées ; que, notamment, celles du diluvium proprement dit, les lehms, les cavernes à ossements, les brèches osseuses, qui sont le résultat de puissants mouvements des eaux, contiennent

presque toujours soit des ossements humains, soit des silex taillés en outils ou des objets usuels fabriqués avec diverses parties d'animaux ; que par conséquent l'aire d'habitation de l'homme était déjà très étendue, et que si, comme tout semble l'indiquer, l'humanité avait son siège principal autour de son berceau, c'est-à-dire dans les régions du sud-ouest de l'Asie, il est difficile pour ne pas dire impossible d'admettre qu'elle n'eût pas déjà essaimé dans les contrées lointaines où l'on retrouve sa trace, en des conditions, à la vérité, qui dénotent un état plus voisin de la sauvagerie que d'une civilisation même rudimentaire. Or ces peuplades lointaines ayant péri par l'action des eaux, il faut bien en revenir au déluge universo-partiel et successif de M. l'abbé Lambert pour trouver l'explication de ce fait, puisque d'ailleurs l'ensemble de ces couches sédimentaires n'a pu se déposer qu'en un temps très considérable.

Avant de répondre directement à cette objection, qui ne manque pas de valeur, il faut le reconnaître, mentionnons un système très ingénieux quoique géologiquement peu acceptable, croyons-nous. Il est dû à un commentateur connu, M. l'abbé Gainet, curé de Cormontreuil, auteur de *La Bible sans la Bible*. Il l'a exposé dans son ouvrage intitulé : *Accord de la Bible et de la Géologie* (1), et nous croyons devoir en donner au moins la substance en raison de son originalité.

Il supprime d'un coup la difficulté en réduisant à un an le temps nécessaire à la formation de tous les dépôts quaternaires, les roches erratiques comprises. Alors que les géologues exigent des milliers d'années pour la réalisation des mêmes faits, l'idée est, on en conviendra, originale ; mais, dit l'auteur, si c'est là une grande hardiesse, l'hypothèse s'appuie d'une part sur tous les faits admis, et de l'autre sur des conjectures qui ne sont contraires « à aucune des choses prouvée avec évidence. »

(1) Cet extrait ici résumé de l'ouvrage de M. l'abbé Gainet est donné tout au long à la fin du tome III des *Splendeurs de la foi*, Appendice A.

Au début du cataclysme a lieu la rupture du grand abime, c'est-à-dire l'irruption de l'Océan sur les continents, et des courants venus du nord ont arraché en même temps au pôle arctique et aux glaciers des massifs montagneux leurs glaces avec les rochers auxquels elles adhèrent ; ils les ont transportés au loin, par-dessus des fonds de mers et des plateaux relativement élevés, avec des cailloux roulés, des sables, des terres meubles, le tout sur de vastes étendues tant en Europe qu'en Amérique.

C'est là le premier acte du cataclysme, pendant les quarante jours de pluie torrentielle, c'est-à-dire du 8 décembre au 18 janvier, car M. l'abbé Gainet précise même les mois et les quantièmes des mois. Suit une période de repos relatif de trois mois et demi ou cent et dix jours, complétant, avec les quarante jours de pluie, les cent cinquante premiers jours mentionnés dans le récit de Moïse.

C'est pendant ce temps que se déposent, suivant l'ordre de leurs densités respectives, les matières tenues en suspension dans les eaux envahissantes, pour former des dépôts de diluvium proprement dit : drift ou diluvium gris avec ses cailloux et ses gros graviers, lehm, loess et autres couches de matériaux plus fins, recouvrant bientôt les vallées, les coteaux, les plateaux et les montagnes.

Arrivons au troisième acte. « Nous sommes au mois d'avril de la six-cent-unième année de la vie de Noé. » Le niveau des eaux commence à baisser ; des courants s'établissent en sens inverse de ceux par lesquels elles s'étaient précédemment élevées, et, le 10 mai l'arche atterrit doucement sur une des montagnes de l'Ararat. Ces courants rencontrent les couches de débris tout récemment déposées et par suite encore très meubles ; ils les remanient, les entraînent dans des régions plus basses, principalement dans les vallées et aux flancs des collines, sans en laisser trace sur les hauteurs, où elles étaient plus minces et d'autant plus faciles à entraîner. Puis une fois descendues au-dessous du niveau des moyens plateaux, les eaux pren-

nent, suivant la conformation générale des vallées, leur direction vers les bassins maritimes les plus proches, en imprimant à ces vallées la physionomie qu'elles ont conservée depuis. Comme les eaux n'avaient couvert les hautes montagnes que dans les pays habités par l'homme, et ne s'étaient élevées qu'à une hauteur relative dans les autres contrées telles que l'Amérique, l'Afrique, l'Océanie, etc., on s'explique ainsi comment il peut y avoir « une si grande quantité de lehm et de terrains meubles dans l'Inde et relativement si peu de blocs erratiques »; comment aussi, dans le mouvement général des eaux successivement montantes et descendantes, les grocs blocs et les plus gros graviers arrachés d'abord aux flancs des montagnes, ont pu s'amonceler au fond des vallées.

Ainsi quand, un an et quelques jours après son entrée dans l'arche, ou au 13 décembre de l'année suivante, Noé put de nouveau fouler de ses pieds le sol terrestre, le séjour des hommes avait revêtu sa physionomie actuelle.

Nous avons cru devoir exposer cette théorie surtout à titre de curiosité. Sans doute elle aurait l'avantage de prouver bien plus que la possibilité scientifique du déluge, puisqu'elle en montrerait la réalité ressortant des données mêmes de la science. Seulement son accord avec les faits n'est que superficiel. Il est universellement reconnu que les dépôts des boues glaciaires, des moraines et des blocs erratiques ne sauraient provenir d'une simple débâcle de glaçons plus ou moins volumineux, ayant charrié au loin ces débris : une telle cause a pu avoir sa part d'action, mais elle est insuffisante à elle seule. Il a fallu la lente et séculaire progression des immenses glaciers de la période qui a emprunté leur nom, pour disperser ces énormes fragments sur des surfaces aussi vastes. L'aire de répartition des blocs provenant du seul glacier finlando-scandinave, ne comprend pas moins de 40 000 milles carrés (1).

(1) Cf. Credner, *l. c.*, p. 627.

Sans nous arrêter davantage à ce système, plus ingénieux que fondé, revenons à l'objection exposée plus haut et qui s'appuie sur des traces ou restes humains existant à de très grandes distances du foyer présumé de l'humanité.

Moïse, écrivant pour laisser aux Juifs le souvenir seulement des faits ayant pour eux un intérêt religieux, un objet utile aux âmes, a nécessairement abandonné dans le silence et l'oubli un très grand nombre d'autres faits qui, pour remplis d'intérêt qu'ils fussent au point de vue des connaissances humaines, ne répondaient pas à ce but. Il est parfaitement admissible que des rameaux de l'humanité antédiluvienne s'en étaient détachés à la suite de guerres, de persécutions ou autres calamités, pour aller vivre misérablement dans des contrées désertes et moins favorisées de la nature, mais plus hospitalières et où ils n'avaient pas tardé à tomber dans l'état sauvage. Les régions occidentales ont pu se peupler ainsi longtemps avant le déluge historique.

Les transformations destinées à donner à nos contrées leur relief actuel n'étaient pas encore terminées. L'Europe avait, aux temps du quaternaire ancien, d'après Credner (1), la forme d'une île étroite étendue de l'ouest à l'est. L'Allemagne du nord, la Hollande, le Danemark, la Pologne et le nord de la Russie, la province de Moscou comprise, étaient couverts par l'Océan, dont le rivage, se dirigeant vers le nord-est, atteignait la mer Glaciale au nord des monts Ourals. En Afrique, les mers, d'après d'autres auteurs, couvraient la vaste plaine du Sahara tandis que le Maroc, l'Algérie et la Tunisie formaient une longue presqu'île tenant à l'Espagne par Gibraltar, de même que les îles Britanniques actuelles se rattachaient au continent par le nord de la France. La mer Noire, la Caspienne, les steppes d'Astrakhan, le lac d'Aral formaient, entre le Caucase et l'Oural, une seule et vaste mer intérieure, laquelle même

(1) Cf. Credner, *l. c.* p. 621.

communiquait, peut-être sans interruption, avec les eaux qui couvraient le grand désert actuel de Gobi, au nord du Thibet. Quant au golfe de l'Obi, il se prolongeait par un canal ou détroit, courant du nord au sud pendant près de 200 lieues pour aboutir à un immense lac occupant tout le bassin déterminé aujourd'hui par le confluent des fleuves Obi et Irtisch : les lacs Tchany vers le sud du gouvernement de Tomsk (Sibérie) et le lac Saïsan au pied du versant nord de l'Altaï chinois, sont les humbles traces de cette mer intérieure des temps quaternaires (1).

Que de bouleversements, ou tout au moins que de modifications profondes a eu à subir l'écorce terrestre en tous ces points, avant d'arriver à la configuration que nous lui voyons ! Quoi d'étonnant que l'homme y ait succombé, alors même que ses semblables, réunis en société civilisée dans les contrées plus favorisées de la Syrie et de l'Asie méridionale, continuaient à croître et à jouir de la prospérité matérielle ? Les débris humains et les traces d'industrie que la science retrouve en de nombreux parages peuvent donc provenir de races éteintes avant ou après la naissance de la génération à laquelle appartenait Noé : et le déluge dont ce patriarche a été le témoin, partiel quant aux régions qu'il aurait submergées, mais universel par rapport à l'humanité telle qu'elle était constituée en ce moment, serait le dernier des bouleversements qui ont donné à l'ancien monde sa conformation géographique et son relief actuels.

Il est même également admissible que tout ou partie des terres habitées qui furent alors submergées n'aient pas été exondées à nouveau. Les eaux persiques et celles de la mer d'Oman, l'ancienne mer Érythrée, recouvrent peut-être, depuis la construction de l'arche, le berceau de l'humanité primitive.

(1) Voir la planche I de l'Atlas de l'*Histoire ancienne de l'Orient*, par M. Fr. Lenormant, représentant, d'après cet auteur, l'Asie, l'Europe et la partie septentrionale de l'Afrique aux temps quaternaires.

Dans ce système, tous les détails contenus dans le récit de Moïse trouvent une explication simple et naturelle, et toutes difficultés disparaissent. La rupture des barrières ou le jaillissement des sources du grand abîme, c'est l'irruption des eaux de l'Océan sur la portion du continent qui commence à s'affaisser. Les écluses ou cataractes du ciel qui s'ouvrent, c'est la condensation des énormes masses de vapeurs envoyées par la surface des mers du globe tout entier et réunies au-dessus des contrées soumises au cataclysme.

L'affaissement du sol ayant lieu non par un effondrement subit, mais par une descente graduelle, les eaux s'élèvent de la même manière relativement à ce même sol ; elles prennent ainsi de plus en plus de force : *invaluerunt valde valde super terram*, et toutes les plus hautes montagnes comprises dans le vaste horizon des terres submergées disparaissent sous l'implacable niveau. Toute chair expire dans cette vaste région : oiseaux, bétail, bêtes sauvages, grands et petits animaux, et l'homme lui-même. Et le mouvement ascendant des eaux, ou, ce qui revient au même, la descente du sol dure cent cinquante jours.

Alors, Dieu se souvenant de Noé, les sources de l'abîme et les écluses des cieux se ferment, la pluie cesse. Par un naturel mouvement de bascule, a lieu le phénomène inverse du précédent ; à l'affaissement succède un soulèvement : soulèvement peut-être d'une partie des terres qui viennent d'être submergées, peut-être aussi d'un ancien fond de mer. Les eaux reculent peu à peu par le graduel exhaussement du fond sur lequel elles reposaient, et l'arche suit l'un des courants ainsi déterminés pour atterrir au premier sommet qui vient à émerger sous elle. L'Écriture nous apprend que c'est sur l'une des montagnes de l'Ararat. La Vulgate traduit *Ararat* par *Arménie*, parce que c'est en Arménie que sont situées les montagnes actuellement désignées sous ce nom. Mais il est douteux que l'Ararat du huitième chapitre de la Genèse soit le même que l'Ararat arménien. D'après

M. François Lenormant, il est plus vraisemblable que Moïse avait voulu désigner quelqu'une des montagnes de l'Hindou-Kousch ou de celles, relativement voisines, où le Sind (Indus) prend sa source (1).

Quoi qu'il en soit, le soulèvement continue peu à peu sa marche ascensionnelle, et un mois et treize jours après l'atterrissement de l'arche, Noé, du haut de son observatoire montagneux, voit d'autres montagnes émerger à l'horizon. Il faut croire qu'elles étaient dans un bien vaste lointain et qu'une grande quantité d'eau couvrait encore le sol, car le corbeau, lâché quarante jours plus tard, et la colombe après lui, ne trouvèrent pas où se poser.

Mais sept jours après, ou quatorze si l'on admet une lacune au verset 8e du chapitre VIII (2), la colombe, lâchée de nouveau, revient vers Noé sur le soir, ayant au bec une feuille d'olivier, une feuille fraîche, une feuille verdoyante, ou, par métonymie, un rameau chargé de feuilles fraîches et verdoyantes.

Ici se présente une certaine difficulté.

M. l'abbé Lambert voit dans ce fait une preuve de la non-universalité absolue du déluge, attendu que si l'inondation avait été universelle au point de surpasser de quinze coudées les plus hautes montagnes de la terre, toute végétation aurait été anéantie, tout le sol enlevé et ruiné, rien n'ayant pu résister à l'action des eaux. N'en aurait-il pas été ainsi ; l'ascension des eaux, puis ensuite les courants déterminés par leur descente, se fussent-ils comportés avec un calme relatif assez grand pour laisser subsister, en totalité ou en partie, les végétaux ligneux que portait le sol ; il

(1) La raison de cette interprétation serait que, plus loin dans le texte sacré, il est dit que ce fut en marchant toujours de l'est à l'ouest que la postérité de Noé parvint dans les plaines de Sennaar, ce qui reporte forcément aux montagnes qu'on vient d'indiquer. Or, les traditions des Indiens et des Perses sur le berceau de l'humanité post-diluvienne, convergent également vers cet emplacement. Cf. Lenormant, *Manuel d'histoire ancienne de l'Orient*, t. I, pp. 31, 32.

(2) Voir, au précédent article, la note 2, page 426.

serait absurde en histoire naturelle d'admettre que ces arbres ou certains d'entre eux aient pu croître sous les eaux. Pline l'Ancien parle bien d'une espèce d'olivier qui croîtrait sur les bords de la mer Rouge et se plairait dans l'eau. Mais ce fait d'une variété aquatique ou marine de l'olivier n'a jamais été constaté par les botanistes, et l'autorité de Pline en pareille matière ne saurait être prise au sérieux (1). Le rameau d'olivier cueilli sur l'arbre par la colombe ne pouvait donc provenir que d'une végétation ayant échappé au déluge, et l'oiseau n'avait pu le trouver que sur un sol non submergé.

Mais à ce raisonnement le vénérable abbé Moigno en oppose un autre qui ne manque pas de force dans sa brièveté : « Pourquoi, dit-il, la colombe ne serait-elle pas allée la première fois comme la seconde sur la terre non submergée (2)»? L'arche ne voyageait plus ; depuis plus de deux mois elle s'était échouée au sommet d'une montagne : si cette montagne était à proximité de quelque partie du globe non soumise à l'inondation et sur laquelle se trouvaient des oliviers, on ne voit pas de raison pour que la colombe ne les ait pas trouvés dès sa première sortie de l'arche, mais seulement sept jours après. On ne s'explique même pas très bien pourquoi elle ne s'est pas enfuie définitivement dès le premier jour au lieu de ne le faire que deux semaines plus tard, à sa troisième sortie. Tandis que

(1) Cf. M. Lambert, *l. c.*, pp. 381 à 384. — Pline (Hist. nat. liv. II, chap. CIII) et Théophraste (Hist. des plantes, liv. IV, chap. VIII) affirment que le fond de la mer Rouge est planté d'arbustes, d'oliviers et de lauriers. Nous croyons, avec M. l'abbé Lambert, qu'il n'y a pas à faire fond sur les faits plus ou moins singuliers de soi-disant histoire naturelle que rapportent les anciens. Le verset du livre de la Sagesse où il est dit que, lors du passage de la mer Rouge par les Hébreux, le fond de cette mer était comme une prairie verdoyante, *campus germinans*, ne corrobore en rien les dires étranges de Théophraste et de Pline. La verdure à laquelle fait allusion le livre de la Sagesse s'explique parfaitement par une végétation de plantes sous-marines n'ayant absolument rien de commun avec l'olivier.

(2) *Les Splendeurs*, etc., t. III, p. 1126

si tout était inondé autour d'elle, on comprend très bien qu'une première fois elle soit revenue tout d'abord, n'ayant pas trouvé où poser le pied ; que la seconde fois, ayant trouvé sur quelque montagne un olivier commençant à émerger, elle s'y soit reposée et en ait rapporté une feuille à son bec ; qu'enfin, la troisième fois, ayant trouvé le sol largement découvert et des abris suffisants, elle ne soit plus revenue.

A nos yeux, M. l'abbé Lambert se serait exagéré la difficulté au point de vue d'une végétation persistant sous les eaux pendant quelques mois, et ce serait à tort qu'il aurait vu dans la feuille verdoyante d'olivier une preuve de la non-universalité absolue du déluge. Il ne faut pas perdre de vue que l'olivier est un arbre à feuilles *persistantes* dont le tissu est dur et coriace, et que les feuilles de cette nature peuvent supporter une submersion accidentelle infiniment mieux que le limbe délicat, poreux et mou des feuilles caduques. Comme observation personnelle à l'appui, nous citerons le fait de jeunes plants de pin sylvestre qui avaient été plantés au fond d'anciens fossés creusés dans des terres sableuses appartenant à la formation crétacée et reposant sur des bancs de grès. Le sous-sol était imperméable, et à chaque automne ces fossés se remplissaient d'eau qui ne disparaissait ensuite que par évaporation, le plus souvent seulement au retour de la belle saison. Nous avons vu plus d'une fois pendant l'hiver ces jeunes pins entièrement immergés ; parfois même une couche de glace superficielle les enfermait au-dessous d'elle comme dans une prison transparente. Ils ne paraissaient pas en souffrir et n'en ont pas moins continué à croître dans cette situation, jusqu'à ce que leurs cimes, ayant dépassé les berges des fossés et n'étant plus exposées à une submersion de plusieurs mois chaque année, les aient fait rentrer dans des conditions de végétation ordinaires et à peu près normales.

Il nous paraît donc très admissible qu'un olivier adulte,

croissant sur l'un des hauts versants de quelqu'une des montagnes de l'Asie méridionale, ait pu supporter quatre ou cinq mois de submersion sans périr et sans perdre ses feuilles. Cueillez un rameau verdoyant à un arbre ou à un arbrisseau à feuilles persistantes, si vous voulez conserver le plus longtemps possible à ce rameau sa fraîcheur et sa verdure natives, il n'y aura pas de moyen plus efficace que de l'immerger dans de l'eau claire, surtout si cette eau est vive, courante et ombragée.

Noé, voyant que la colombe ne revenait plus, souleva le couvercle de l'arche et put constater l'exondation du sol ; il était alors âgé de 601 ans et il y avait onze mois et 13 jours que Jéhova avait fermé sur lui la porte de l'arche. Il y resta encore un mois et vingt-sept jours et attendit, laissant la terre s'assainir, qu'Élohim lui commandât de sortir comme il lui avait ordonné d'entrer.

Ici se termine le fait principal et essentiel dans la question du déluge, sans clore toutefois le chapitre des objections et des difficultés plus ou moins fondées. La construction de l'arche, son aménagement intérieur, l'énorme collection d'animaux qu'elle devait réunir, l'impossibilité de rassembler les espèces éparses sur tous les points du globe, les promesses faites par Dieu à l'humanité nouvelle, le gage qu'il lui donne, voilà autant de points qu'il nous reste à examiner.

Nous verrons que la restriction de l'universalité du déluge à la seule humanité facilite singulièrement la conception de la plupart de ces détails.

Mais avant d'aller plus loin, faisons justice d'une objection sans grande valeur, que l'on n'a pas craint d'opposer solennellement à la réalité même du fait matériel du déluge historique. On a prétendu que l'existence des volcans éteints du centre et du midi de la France, excluait la possibilité même d'une inondation universelle qui les eût emportés et détruits.

N'appelons pas à notre aide, ici, la théorie qui localise le déluge à la portion du globe, restreinte et probablement située au sud-ouest de l'Asie, qu'occupait alors l'humanité : sans doute on répond ainsi à la prétendue difficulté en la supprimant. Mais cela n'est même pas nécessaire, et les volcans de l'Auvergne et du Vivarais n'empêchent rien du tout, pas même la possibilité d'un déluge absolument universel. Ces volcans sont de plusieurs sortes et appartiennent à toutes les époques des âges tertiaires et quaternaires. Il y a les volcans en dômes, ceux que Credner appelle homogènes, et qui sont composés de masses de basalte, de phonolithe ou de trachyte, comme les puys de Dôme et du Grand Sarcouy à l'ouest et au nord-ouest de Clermont ; il y a aussi des volcans ayant consisté en éruptions relativement calmes de laves qui se sont ensuite étendues en nappes, telles que le fameux plateau de Gergovie et celui de La Celle au sud de la même ville. Sur ceux-là le déluge aurait pu s'élever sans laisser subsister grandes traces de son passage. Enfin il y a les volcans à cratères, que Credner appelle volcans stratifiés, comme le petit puy de Dôme, le Pariou, le puy de Lassolas et tant d'autres dans la même région : ceux-là sont composés d'amoncellements de pouzzolanes, sables volcaniques et scories, et présentent une résistance bien moins grande. Cependant si nous admettons que l'irruption des eaux diluviennes s'est accomplie, conformément au texte biblique, graduellement, progressivement et sans violence proprement dite, on comprendrait encore que ces éminences volcaniques, surtout si leurs foyers étaient éteints et leurs parois déjà recouvertes de végétation, aient pu résister à l'inondation, puisque aujourd'hui encore, bien qu'à peine revêtues d'un maigre gazon et sans cesse dégradées par le bétail, elles ne subissent, de l'action des eaux atmosphériques, aucun des effets destructeurs réservés aux autres montagnes quand ne les protège pas une puissante végétation forestière. Mais il y a mieux. Les volcans à cratère sont de beaucoup les

plus récents : leur extinction est, géologiquement parlant, toute moderne et a eu les premiers hommes pour témoins. Ils ont donc pu très bien être en activité même après le déluge. Opposer leur existence à la réalité de ce grand fait historique, est une véritable puérilité.

Il nous reste maintenant à examiner les détails que nous avons énumérés tout à l'heure, et aussi à rendre compte, sous les plus expresses réserves et sans prendre parti, d'une théorie plus nouvelle et plus hardie qu'aucune de celles qui précèdent, mais que défendent quelques savants et écrivains, orthodoxes d'ailleurs et entièrement soumis à l'autorité de l'Église.

Ce sera l'objet d'un troisième et dernier article.

(*La fin prochainement.*)

JEAN D'ESTIENNE.

L'INVENTION

DE LA

MACHINE A VAPEUR

L'homme a recherché de tout temps le moyen de se soustraire aux travaux corporels ; il s'est adjoint d'abord la force des animaux, puis celle des vents et des chutes d'eau ; mais la population du globe s'accroissant sans cesse, et les besoins se développant avec la civilisation, le moment arriva où les moteurs naturels ne suffirent plus à l'industrie humaine, et elle se trouva dans la nécessité d'en chercher d'autres plus énergiques. Telle fut au dix-septième siècle la situation de l'Europe occidentale, et en particulier de la France, de l'Angleterre et de l'Allemagne.

Un problème, à cette époque, préoccupait surtout le monde industriel : trouver, pour l'élévation des eaux, un procédé plus efficace que ceux qu'on avait utilisés jusqu'alors. Les mineurs du Cornouailles, du Northumberland, de l'Auvergne, de la Westphalie, de la Hesse, de la Bohême, etc., voyaient leurs travaux paralysés par les difficultés d'épuisement ; les propriétaires fonciers étaient en quête de moyens d'irriguer les plateaux et d'assécher les marais ; enfin les grandes villes sentaient le besoin d'une alimen-

tation d'eau abondante. On voyait en outre dans le perfectionnement des procédés d'élévation des eaux, un moyen de multiplier l'usage et d'augmenter la puissance des roues hydrauliques, qui constituaient alors le principal moteur employé dans les usines.

C'est cet important problème que résolut d'abord l'invention de la machine à vapeur. Peu à peu cet appareil se perfectionna; et son usage s'étendit à la mise en mouvement des souffleries des hauts fourneaux, des laminoirs à fer et de tout l'outillage industriel, ainsi qu'à la propulsion des navires et à la locomotion terrestre, si bien qu'il finit par révolutionner complètement le monde économique.

Personne n'ignore quels furent les auteurs des principaux perfectionnements apportés à cet admirable moteur, perfectionnements qui étendirent ses applications et généralisèrent son usage. Tout le monde sait que Newcomen construisit la première machine d'épuisement quelque peu avantageuse à employer ; que Watt réalisa la machine à vapeur vraiment économique et capable de mettre en œuvre toute espèce d'outils ; que Fulton résolut pratiquement le problème de la navigation à vapeur ; que Stephenson nous donna la locomotive. Les noms de ces illustres mécaniciens sont sur toutes les lèvres, comme ceux de bienfaiteurs de l'humanité.

Ne serait-il pas juste d'y ajouter les noms des savants ingénieurs qui, les premiers, eurent l'idée nette de la machine à vapeur et en construisirent un type capable de fonctionner utilement ? Les courageux pionniers qui, s'aidant d'outils rudimentaires, ont frayé péniblement une route ardue dans la roche vierge, et sont morts à la tâche, découragés et méconnus, ont-ils moins de titres à notre reconnaissance que ceux qui, entrés ensuite dans cette voie et disposant d'engins plus perfectionnés, se sont livrés à la besogne relativement facile et agréable de l'aplanir et de l'élargir sur un sol déjà ameubli ? Les mondes nouveaux

découverts par les Christophe Colomb doivent-ils toujours être appelés du nom des Améric Vespuce?

La machine à vapeur a partagé en cela le sort de la plupart des grandes inventions et des découvertes importantes réalisées dans les temps passés. — Le dix-septième siècle, peu accoutumé encore aux perpétuelles transformations de l'outillage industriel, accueillit ce merveilleux engin avec tiédeur et incrédulité; et nous-mêmes aujourd'hui, portés à nous méprendre sur les conditions où se trouvaient ses premiers inventeurs, nous ne leur décernons pas toujours une légitime part d'honneur et de gratitude.

La plupart des savants qui, jusque dans ces derniers temps, ont étudié l'histoire de la machine à vapeur ne semblent même pas avoir toujours examiné avec l'attention qu'ils méritent les documents relatifs aux premiers essais dont ce moteur fut l'objet; et si l'on considère qu'à ce manque d'informations exactes viennent souvent se mêler chez les historiens les mesquines suggestions de l'amour-propre national, on se rendra facilement compte du désaccord profond qui existe au sujet des mérites respectifs des premiers inventeurs.

L'Angleterre revendique tout l'honneur de cette invention pour Worcester, Savery et Newcomen, ou même pour Watt.

La France estime que Salomon de Caus et Denis Papin doivent être mis au premier rang; et il y a à peine un an qu'élevant à ce dernier une statue dans sa ville natale, elle se plaisait à affirmer sa gloire.

L'Italie de son côté nomme Giovanni Branca; l'Espagne cite Blasco de Garay; peut-être verrons-nous quelque jour la Grèce opposer à ces noms celui de Héron d'Alexandrie.

Nous avons voulu rechercher consciencieusement, sans parti pris et en dehors de tout préjugé national, quelles ont été véritablement les origines de la machine à vapeur; et

c'est le résultat de cette étude que nous publions aujourd'hui (1).

Afin de pouvoir bien nous rendre compte de l'importance relative des divers essais pratiqués en vue de réaliser cet ingénieux appareil, rappelons d'abord les principes essentiels sur lesquels est basée sa théorie.

Son objet est de transformer l'énergie vibratoire que nous appelons chaleur, en énergie visible, utilisable pour la mise en mouvement de toute espèce d'outils.

La transformation s'opère par l'intermédiaire d'un fluide élastique dont la force expansive s'accroît avec l'intensité de la chaleur qui lui est communiquée ; ce fluide pouvant être l'air, la vapeur d'eau, le mélange gazeux provenant de l'explosion de la poudre à canon ou du gaz d'éclairage, la vapeur d'alcool, celle d'ammoniaque, etc.; de là les noms de machines thermiques *à air chaud*, *à vapeur*, *à gaz*, etc.

Au lieu de la chaleur dégagée par la houille et les autres

(1) J'indique ici les principaux ouvrages qui m'ont guidé dans cette recherche :

Histoire de la Machine à vapeur, par R. H. Thurston ; revue, annotée et augmentée d'une introduction par J. Hirsch ; — Paris, Germer Baillière et Cie, 1880.

Œuvres complètes de François Arago, 2e édition ; Notices scientifiques ; Notice historique sur les Machines à vapeur ; — Paris, Legrand, Pomey et Crouzet.

The life, times, and scientific labours of the second marquis of Worcester, to which is added a reprint of his Century of inventions, 1663, with a commentary thereon, by Henri Dircks, esq. London, Bernard Quaritch. 1865.

Denis Papin, sa vie et son œuvre, par le baron Ernouf ; Paris, Hachette, 1874.

Fasciculus dissertationum de novis quibusdam machinis atque aliis argumentis philosophicis, auctore Dionysio Papin ; Marburgi, anno MDCXCV.

Acta Eruditorum, ann. 1688. De novo pulveris pyrii usu ; ann. 1690, Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas. — Leipzig.

Lives of the Engineers ; the Steam Engine; Boulton and Watt: by Samuel Smiles ; — London, John Murray, 1878.

combustibles, on peut aussi utiliser celle qui provient directement du soleil : tel est le principe de la *machine solaire*.

Mais, de toutes ces machines thermiques, la machine à vapeur est celle qui a acquis le plus d'importance pratique ; et c'est d'elle seule que nous avons aujourd'hui à nous occuper.

La machine à vapeur a donc pour objet de transformer le plus complètement et le plus économiquement possible, en énergie mécanique utilisable, l'énergie potentielle dégagée par la combustion du charbon.

Disons par quelle suite de progrès on a pu résoudre pratiquement ce problème.

L'eau étant vaporisée dans une chaudière en contact avec les gaz chauds provenant de la combustion de la houille, toute la difficulté consistera à utiliser dans de bonnes conditions la force expansive de la vapeur, pour la mise en mouvement, dans un sens déterminé, du corps mobile ou de l'outil récepteur. Si le travail à exécuter consiste, par exemple, à élever de l'eau, cette eau pourra à la rigueur être tout simplement introduite dans la chaudière de vaporisation, celle-ci portant un tuyau vertical qui descend jusqu'à sa partie inférieure et monte jusqu'à la hauteur où le liquide doit être élevé. La vapeur, occupant la partie supérieure de la chaudière, agira par tension sur l'eau introduite, et la fera monter par ce tuyau. Mais il est à remaquer qu'avec cette disposition, le liquide ne s'élèvera qu'après avoir été porté à une température égale à celle de la vapeur.

On remédiera en partie à cet inconvénient en faisant agir la vapeur sur l'eau placée, non plus dans la chaudière même, mais dans un récipient mis en communication avec celle-ci par un tuyau, et surmonté par une colonne de refoulement. L'eau pourra être prise à un niveau inférieur et amenée dans le récipient au moyen d'un tuyau d'aspiration, en tirant parti du vide qui se produit dans ce réci-

pient par suite de la condensation de la vapeur après l'expulsion du liquide.

Au lieu de mettre directement la force de la vapeur en rapport avec la résistance à vaincre, on pourra aussi faire usage d'un autre système intermédiaire, permettant de transmettre le mouvement non seulement à de l'eau, mais à toute espèce de corps. Ce nouvel intermédiaire, constituant dès lors dans la machine un organe essentiel, sera, par exemple, un piston glissant dans l'intérieur d'un cylindre. Le cylindre pourra ne faire qu'un avec la chaudière, celle-ci en étant tout bonnement le fond ; et la partie supérieure du cylindre étant ouverte à l'air libre. La vapeur agira par expansion sur la face inférieure du piston ; puis, si l'on éloigne le foyer, cette vapeur se condensera, il se fera sous le piston un vide partiel, et la pression atmosphérique agira efficacement sur la face supérieure du piston pour le faire descendre. En replaçant le fourneau sous la chaudière, le même jeu se reproduira ; et le piston se trouvera animé d'un mouvement alternatif de va-et-vient, qu'il pourra communiquer, au moyen d'une tige, à n'importe quel système d'outils.

Dans cette disposition, la chaudière et le cylindre sont donc réunis, et la condensation s'effectue spontanément. Mais il sera plus expéditif et plus avantageux de séparer la chaudière du cylindre, en l'y reliant seulement au moyen d'un tuyau muni d'un robinet ou d'une valve ; et d'aider à la condensation de la vapeur par l'intervention d'eau froide, tamisée en pluie sur le pourtour extérieur du cylindre, ou injectée dans celui-ci et mélangée intimement avec la vapeur.

On se placera dans de meilleures conditions encore, au point de vue des pertes par refroidissement, en opérant la condensation dans un condenseur distinct du cylindre ; en fermant celui-ci des deux côtés, et en admettant alors la vapeur alternativement sur les deux faces du piston. Il conviendra aussi, pour diminuer la contre-pression sur la

face du piston opposée à celle où agit la pression de la vapeur, d'adapter au condenseur une pompe à air destinée à y produire un vide plus parfait.

Enfin, pour augmenter la vitesse de marche et la puissance de la machine, et utiliser plus économiquement l'énergie renfermée dans la vapeur, on fera travailler celle-ci dans le cylindre à une tension de beaucoup supérieure à la pression atmosphérique ; et, au lieu de l'y introduire pendant toute la durée de la course du piston, on ne l'y admettra que pendant un temps relativement court, la laissant ensuite travailler par détente. On aura ainsi la machine à vapeur à double effet, à haute pression, à détente et à condensation.

Le mouvement alternatif de va-et-vient dont la tige du piston est animée pourra être utilisé comme tel, par exemple pour actionner les pistons des pompes dans les machines d'épuisement, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une poulie ou d'un balancier ; ou bien ce mouvement rectiligne sera transformé en mouvement circulaire continu, au moyen d'une crémaillère avec pignon ou d'une bielle avec manivelle s'adaptant à un arbre moteur. Enfin ce mouvement circulaire sera régularisé par l'adjonction d'un volant.

Telle est précisément la marche progressive qu'a suivie dans son développement la machine à vapeur. On est donc arrivé ainsi à construire des moteurs appropriés à la mise en œuvre de toute espèce d'outillage, à l'exécution de toute sorte de travaux, où l'énergie potentielle de la houille est transformée en énergie actuelle, utilisable dans toutes les directions.

A-t-on réussi à opérer cette transformation dans de bonnes conditions d'économie ?

La physique nous apprend que 1 kilogramme de houille donne par sa combustion une quantité de chaleur évaluée à un peu plus de 7000 calories ; et que, d'autre part, l'équi-

valent mécanique d'une calorie peut s'estimer à environ 424 kilogrammètres. Le travail correspondant à 75 kilogrammètres, c'est-à-dire un cheval-vapeur, correspond donc à la combustion de 1/12 kilogramme de houille par heure. Mais la transformation exige un sacrifice et, de plus, l'ensemble des intermédiaires utilisés jusqu'à ce jour dans la machine à vapeur est tellement imparfait, que l'effet utile obtenu dans les meilleures conditions pratiques, n'est guère que de 1/9 ou 1/10 de la dépense. La consommation de charbon s'élève de $0^k,850$ à 1 k. par cheval et par heure.

Quelque perfectionnées que soient les dispositions données aux foyers et aux chaudières, il se perd toujours par suite de la combustion incomplète du charbon, du rayonnement, de la conductibilité, et du tirage de la cheminée, une quantité de chaleur égale à un quart au moins de celle que la houille est capable de développer par sa combustion complète, soit 25 pour cent.

Il se produit ensuite par rayonnement et conductibilité à travers les conduites de vapeur et le cylindre, une perte qui peut s'évaluer à 10 pour cent.

La vapeur, après avoir fonctionné dans le cylindre, entraîne avec elle au condenseur une chaleur équivalant à peu près à la moitié de celle qui est dégagée par la combustion de la houille, soit 50 pour cent.

Les pertes dues aux frottements dans le système de transmission de la force motrice aux organes récepteurs s'élèvent aussi à environ 5 pour cent.

Ne sont donc utilisés par ces derniers organes que 10 ou 11 pour cent au maximum de l'énergie dégagée par la combustion de la houille.

Certaines machines, comme les locomotives, n'ont même qu'un rendement de 1/40, leur consommation étant de 3 à 4 kilogrammes de houille par cheval et par heure.

Le rendement de la machine humaine, considérée comme moteur industriel, est évalué à un cinquième. Mais si, à ce

point de vue, la machine à vapeur est inférieure à l'organisme animal, elle met à la disposition de l'industrie une force beaucoup moins limitée et moins dispendieuse. Au reste il ne faut point invoquer d'autres preuves de sa supériorité relative que l'universalité de son emploi.

C'est, avons-nous dit, dans le courant du dix-septième siècle que l'on vit pour la première fois fonctionner utilement des machines à vapeur ; mais il importe d'examiner d'abord quel était avant cette époque l'état des connaissances relatives à l'usage de la vapeur comme force motrice; et aussi de comparer ces premiers types de machines aux moteurs les plus perfectionnés qui ont été construits dans la suite. De là, la division de notre étude en trois parties :

1° Les premiers appareils thermiques (depuis l'antiquité jusqu'au dix-septième siècle) ;

2° Les premières machines à vapeur (dix-septième siècle et commencement du dix-huitième) ;

3° Les machines à vapeur perfectionnées (dix-huitième et dix-neuvième siècles).

I. — LES PREMIERS APPAREILS THERMIQUES.

Les philosophes anciens avaient quelque idée déjà de l'origine de la vapeur et de sa force élastique : Aristote (1) dit que la vapeur provient de l'eau sous l'action de la chaleur, et que le froid la ramène à l'état liquide. C'est à sa puissance mécanique dans les entrailles du globe qu'il attribue les tremblements de terre.

Un savant écrivain de l'école d'Alexandrie, Héron, dans un ouvrage resté fameux (2), expose l'ensemble des connaissances que l'on possédait de son temps au sujet de la vapeur

(1) *Météorolog.*, l. II.
(2) *Spiritualia seu Pneumatica.*

et de ses propriétés ; et il y décrit même quelques appareils thermiques. Ce n'était, à vrai dire, que des instruments de physique amusante; mais ils n'en constituaient pas moins déjà des mécanismes de transformation de la chaleur en travail.

Il traite d'abord d'une fontaine à air chaud. La chaleur développée par la combustion du charbon de bois était transmise, à travers une paroi métallique, à de l'air confiné dans un vase ; cet air, en se dilatant, pressait sur une couche liquide avec laquelle il était en contact, et la faisait monter par un tuyau vertical qui y plongeait. L'eau venait alors remplir une coupe dans la main d'une statuette : « Statuette offrant à boire sous l'action du feu » ; ou peser sur un contrepoids actionnant le pivot d'une porte : « Méthode pour faire ouvrir les portes d'un temple en allumant simplement un feu sur l'autel. »

Dans ce dernier appareil, ainsi que dans sa « Fontaine qui coule sous l'action des rayons du soleil, » Héron utilisait alternativement la dilatation de l'air, pour l'ouverture de la porte ou pour le refoulement de l'eau; et la contraction que cet air éprouvait ensuite en se refroidissant, pour l'aspiration du liquide, la fermeture de la porte ou le remplissage du récipient.

Ces instruments étaient basés sur l'élasticité de l'air ; d'autres l'étaient sur la tension de la vapeur d'eau.

En chauffant fortement de l'eau placée dans un vase dont la paroi supérieure portait une ouverture étroite surmontée d'un petit tuyau, on obtenait des jets de vapeur capables de maintenir et de faire danser en l'air des corps légers, de faire siffler un merle, ou de sonner de la trompe.

Héron décrit même un appareil dans lequel l'organe récepteur de l'énergie visible est animé d'un mouvement rotatoire. C'est l'appareil à réaction connu sous le nom d'éolipyle ou boule d'Éole. Une sphère creuse est supportée sur deux tourillons, dont l'un est creux et communique avec une chaudière à vapeur. La sphère porte en forme

d'ajutage, aux deux extrémités d'un même diamètre, deux tubes ouverts, recourbés à angle droit et en sens inverse l'un de l'autre. La vapeur s'échappant avec force par ces tubes et venant choquer l'air ambiant, la sphère, en vertu de la réaction, se met à tourner dans le sens opposé à celui de la sortie de la vapeur, à la façon d'un tourniquet hydraulique.

Cet appareil dénote de la part de son inventeur une grande ingéniosité ; et, quoique fort imparfait au point de vue du rendement, peut-être mériterait-il d'être appelé la première machine à vapeur, s'il avait reçu quelque application sérieuse ; mais il ne paraît avoir servi qu'à des usages futiles.

Vers la fin du quinzième siècle, ou le commencement du seizième, Léonard de Vinci décrivait, paraît-il, un canon, « l'Architonnerre », dans lequel la vapeur, obtenue en faisant tomber de l'eau dans un vase clos sur des surfaces métalliques chauffées fortement, lançait un boulet du poids d'un talent.

En 1547, on imprima à Bologne les œuvres de Héron ; et l'attention du monde savant se reporta sur les propriétés de la vapeur.

Vers 1550, Jérôme Cardan reconnut que la vapeur possède une force élastique extraordinaire, et que le vide se produit dans les espaces où elle se condense. Jacob Besson en 1578 (1), le Brugeois Stévin en 1586 (2) et Agostino Ramelli en 1588 (3), publièrent des ouvrages de mécanique traitant d'une manière assez détaillée de la production de la vapeur et de ses propriétés.

En 1601, Giovanni Battista della Porta rechercha le

(1) *Theatrum instrumentorum et machinarum Jacobi Bessoni* Lugduni, 1578.

(2) *Les œuvres mathématiques de Simon Stévin, augmentées par Albert Girard*, Leyde, 1634.

(3) *Le diverse e artificiose Machine del capitano Agostino Ramelli*, Paris, 1588.

rapport entre les volumes occupés par une quantité donnée d'eau liquide et par la vapeur en laquelle elle se transforme sous l'action de la chaleur.

L'appareil dont il se servit à cet effet avait des traits de ressemblance avec celui de Héron. Mais il en différait par deux points capitaux : l'emploi de la vapeur comme fluide élastique au lieu d'air échauffé, et la séparation de la chaudière de vaporisation d'avec le récipient de pression.

Une chaudière en forme de bouteille était placée sur un fourneau. Cette chaudière communiquait par sa partie supérieure avec un réservoir d'eau, muni d'une part pour le remplissage d'une ouverture à laquelle s'adaptait un bouchon, et d'autre part d'un tube pénétrant jusque vers le fond du récipient, traversant sa paroi supérieure et se recourbant vers le haut en forme de syphon. La vapeur se produisant dans la chaudière venait exercer sur l'eau du récipient une pression qui forçait celle-ci à s'élever par le tuyau et à venir s'épancher au dehors.

Porta esquissa aussi un appareil dans lequel le vide se produisait par la condensation de la vapeur, et était comblé par de l'eau qu'y chassait la pression atmosphérique (1).

De ces études comportant l'élévation de l'eau, tant au moyen de la tension de la vapeur que de la pression atmosphérique en présence du vide, jusqu'à la conception d'une véritable machine à élever l'eau basée sur ces principes, il n'y avait plus qu'un pas. Mais ce pas, qui devait transporter la machine à vapeur du domaine de la spéculation dans celui de la pratique, ne devait être franchi qu'un demi-siècle ou même un siècle plus tard.

Cependant les expériences au sujet des propriétés de la vapeur se succédaient et se répétaient; et les savants en consignaient dans leurs écrits les importants résultats.

Florence Rivault reconnut en 1605 que l'eau renfermée

(1) *Pneumaticorum libri tres*, Naples, 1601 — *I tre libri spiritali*, Napoli, 1606.

dans une bombe, et chauffée fortement, ferait éclater cette enveloppe, quelque épaisses qu'en fussent les parois.

En 1615, Salomon de Caus publia (1) la description d'une fontaine à vapeur qu'il paraît avoir imaginée. Cet appareil se compose simplement d'un vase sphérique, en métal, portant un orifice pour l'introduction de l'eau, et un tube vertical qui pénètre jusque près du fond et s'élève jusqu'à une certaine hauteur en dehors du vase. Les communications avec l'air extérieur étant interceptées au moyen de robinets, et le vase rempli d'eau aux deux tiers, on faisait du feu en dessous pendant quelque temps. On ouvrait alors le robinet du tube vertical, et l'eau jaillissait par ce tube avec une violence et à une hauteur proportionnées à l'intensité du feu.

De Caus faisait servir cet appareil à la démonstration expérimentale d'un « théorème » qu'il formulait ainsi : « L'eau montera, par aide du feu, plus haut que son niveau. » Ce n'était donc encore qu'un instrument de pure curiosité, et son auteur ne paraît pas du reste avoir voulu lui assigner aucune application industrielle. Cette fontaine ne pouvant en effet élever que de l'eau chaude, et son fonctionnement étant intermittent, les difficultés de son emploi comme machine hydraulique se seraient accrues en raison directe de ses dimensions.

Des expériences d'une portée analogue furent faites un peu plus tard par le jésuite Kircher (2). Son appareil, auquel il donnait le nom de « Jet d'eau à vapeur », comprenait une chaudière et un récipient distincts. Cette disposition, empruntée à l'appareil de Porta, permettait d'élever de l'eau à peu près froide.

Il n'est guère possible d'attribuer plus d'importance pratique à l'invention de Giovanni Branca (1629), quoique cet auteur (3) proposât d'en faire plusieurs applications

(1) *Les Raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant utiles que plaisantes*, Francfort, 1615.

(2) *Mundus subterraneus*, Amstelodami, 1678.

(3) *Le machine diverse del signor Giovanni Branca*, Roma, 1629.

utiles. La vapeur s'échappant par un tube étroit d'une chaudière en forme de tête de nègre, venait frapper sur les ailettes d'une roue horizontale et imprimer à celle-ci un mouvement de rotation.

Les observations de Cardan et de Porta relatives à la condensation de la vapeur par suite du refroidissement, et à l'aspiration de l'eau par le vide qui en résultait, furent reproduites vers cette époque par plusieurs savants.

Le Père Leurechon (1624) indique pour les éolipyles le mode de remplissage suivant : « On chauffe les éolipyles toutes vides, et l'air qui est dedans devient extrêmement rare. Puis, étant ainsi chaudes, on les jette dans l'eau ; et l'air venant à s'épaissir et par ce moyen occupant beaucoup moins de place, il faut que l'eau entre vite par le trou pour empêcher le vide (1). »

John Bate (2), après avoir parlé de la vaporisation de l'eau sous l'action du feu et de la tension de la vapeur, traite de sa condensation, et de l'ascension des liquides dans les espaces vides.

Tandis que l'agent de transformation de l'énergie thermique en énergie utilisable était ainsi l'objet d'expériences multiples, quelques-uns des organes qui devaient bientôt servir d'auxiliaires à ce précieux agent étaient déjà appliqués à divers usages mécaniques. C'est ainsi que l'on trouve décrits, dans les ouvrages de Jacob Besson (3) et de Robert Fludd (4), des cylindres dans l'intérieur desquels se mouvaient des pistons sous l'action de ressorts en spirale, pour produire des jets d'eau. Ce dernier auteur indique aussi, paraît-il, l'emploi du robinet à quatre voies.

Mais l'appareil à vapeur le plus en honneur au commencement du dix-septième siècle était encore l'éolipyle de Héron. On l'employait notamment à actionner les tourne-

(1) *Récréations mathématiqnes*, Pont-à-Mousson, 1624 ; Rouen, 1628, etc.
(2) *The mysteries of Nature and Art*, 1634 et 1635.
(3) *Op. cit.*
(4) *Historia macrocosmi*, Oppenhemii. 1617.

broches, à faire jouer les carillons, à dévider le fil, à bercer les enfants (1). S'il faut en croire certains auteurs, on l'appliquait aussi à des usages plus importants, tels que la mise en mouvement des soufflets dans les verreries, les fonderies (2) et les forges (3), ainsi qu'à l'amélioration du tirage des cheminées. Il paraîtrait même qu'un espagnol, Blasco de Garay, aurait fait dès 1543, à Barcelone, des essais en vue d'appliquer l'éolipyle à la propulsion des navires (4).

(1) John Wilkins, *Mathematical Magick*, 1648; et Kircher (*op. citat.*).

(2) Ibid.

(3) Eckern, *Aula subterranea*, 1672.

(4) En 1826, M. de Navarrete publia dans la *Correspondance astronomique* de Zach une note qui lui avait été communiquée par M. Thomas Gonzales, Directeur des Archives royales de Simancas (Catalogne), comme étant une analyse exacte de documents et registres originaux conservés dans les susdites archives. Nous en détachons les passages suivants :

« Garay ne voulut pas faire connaître entièrement sa découverte. Cependant on vit, au moment de l'épreuve, qu'elle consistait dans une grande chaudière d'eau bouillante, et dans des roues de mouvement attachées à l'un et à l'autre bord du bâtiment.....

» Dans les rapports que l'on fit à l'empereur (Charles-Quint) et au prince, tous approuvèrent généralement cette ingénieuse idée, particulièrement à cause de la promptitude et de la facilité avec laquelle on faisait virer de bord le navire..... Le navire virait de bord avec autant de vitesse qu'une galère manœuvrée suivant la méthode ordinaire, et faisait une lieue par heure pour le moins.....

» Si l'expédition dans laquelle Charles-Quint était engagé, n'y eût mis obstacle, il aurait sans aucun doute favorisé l'invention de Garay. »

Il est fâcheux pour la mémoire de Garay et la gloire de l'Espagne que ces documents n'aient pas reçu en leur temps plus de publicité, et qu'ils ne renferment pas des indications plus complètes sur la nature du moteur. Si l'on veut bien admettre que cette expérience ait réellement été exécutée et que le moteur fût un appareil à vapeur, on est dès lors porté à croire que cet appareil était l'éolipyle de Héron, assez facile à construire et propre à communiquer un mouvement de rotation.

Quoi qu'il en soit, on sait que l'Espagne, aux seizième et dix-septième siècles, cultivait avec grand fruit les sciences et les arts : les *Pneumatica* de Porta furent traduits en espagnol en même temps qu'en italien, c'est-à-dire dès 1606, par Juan Escribano.

II. — LES PREMIÈRES MACHINES A VAPEUR.

La révolution religieuse qui éclata au seizième siècle fut, jusqu'à la fin du siècle suivant, la cause ou le prétexte de guerres et d'actes violents de toute sorte, qui enrayèrent les progrès des sciences et de l'industrie, et retardèrent l'invention définitive de la machine à vapeur.

De plus les honneurs de l'époque étaient pour la littérature, l'art militaire, l'agriculture, la navigation. L'industrie, considérée par le plus grand nombre comme une profession peu estimable, n'était guère favorisée par les pouvoirs publics. La propriété des inventions était mal sauvegardée ; les brevets ne comprenaient pas ordinairement la description des appareils ou des procédés auxquels ils se rapportaient ; et leurs détenteurs pratiquaient habituellement leurs essais dans le plus grand secret, sans que le public pût en aucune façon tirer parti de leurs découvertes et de leurs expériences. On voyait même les gouvernements user de mesures restrictives ou comminatoires à l'égard des inventions nouvelles qui se faisaient jour et des systèmes scientifiques qui étaient en opposition avec les doctrines accréditées.

Enfin les moyens de propagation et d'échange des idées n'étaient encore que bien lents et bien imparfaits. L'imprimerie elle-même ne constituait pour la pensée humaine qu'un véhicule assez restreint ; et elle ne disposait pas, comme aujourd'hui, du puissant auxiliaire des voies de communication rapides et multipliées. Les premières académies et sociétés savantes ne furent fondées que vers la fin du dix-septième siècle (1), et ces institutions, à leurs débuts, se montrèrent souvent animées d'un esprit d'exclusivisme et

(1) La Société royale de Londres fut instituée en 1660 ; l'Académie des sciences, quelques années plus tard.

de jalousie, qui apportait de fâcheuses entraves au progrès scientifique.

Certes, le dix-septième siècle fut fécond en savants, aussi bien qu'en littérateurs et en philosophes. Mais les Galilée, les Pascal, les Descartes, les Leibnitz, les Newton, planèrent presque constamment dans les régions élevées de la science spéculative ; et les sciences appliquées étaient reléguées dans un jour beaucoup moins éclatant. C'est à peine si les alchimistes avaient renoncé à la découverte de la pierre philosophale ; le mouvement perpétuel était encore l'objet de recherches sérieuses, et des savants distingués continuaient à en faire le sujet de leurs études.

Les quelques essais que l'on tentait à cette époque pour l'application des sciences aux arts industriels avaient principalement pour objet des questions de balistique, de génie militaire, de navigation ou d'hydraulique. Tous ces sujets, et bien d'autres plus variés et plus disparates encore, tels que la chimie, la jurisprudence, la médecine et la philosophie, étaient embrassés concurremment par les mêmes savants ou inventeurs : les connaissances scientifiques n'avaient point alors ce degré d'extension qui aujourd'hui oblige à spécialiser les études, si l'on veut les rendre fructueuses. C'est ainsi que nous voyons Léonard de Vinci, Roger Bacon, John Bate, et bien d'autres, faire preuve dans leurs écrits de la plus grande variété d'érudition ; ce dernier, par exemple, mélange dans ses ouvrages les dissertations scientifiques avec les descriptions de machines hydrauliques, les jeux avec la pyrotechnie, les dessins d'appareils avec les recettes médicinales, le sérieux avec le plaisant, l'important avec le futile. Quant à la forme de rédaction généralement adoptée, elle se caractérisait par la division des matières en articles distincts, souvent dénués de tout rapport entre eux ; et par l'emploi d'un style plus ou moins emphatique et obscur, calculé plutôt en vue d'étonner le lecteur que de l'instruire véritablement.

En ce qui concerne plus particulièrement la vapeur, nous avons dit quelles étaient, au commencement du XVIIe siècle, les principales sources d'investigation. Les ouvrages de Héron, Besson, Ramelli, Porta, De Caus, Branca, Bate, etc., enseignaient que d'une part la vapeur était douée d'une grande force élastique, capable de faire tourner une roue à palettes sur laquelle elle viendrait frapper, ou d'imprimer un mouvement rotatoire à une sphère à réaction, ou encore de faire monter plus haut que son niveau, et jaillir en forme de jet l'eau en contact avec ce fluide dans une fontaine ; et que d'autre part cette vapeur, grâce à sa propriété de produire le vide en se condensant, pouvait être utilisée pour l'élévation de l'eau par voie d'aspiration,

Pour réaliser l'invention de la machine à vapeur, il restait à combiner les diverses applications des propriétés de ce fluide, et à imaginer un appareil qui se prêtât avantageusement à cette combinaison.

En outre, pour la construction de cet appareil, il fallait compter avec l'art des forges ; et malheureusement la sidérurgie, ce précieux auxiliaire de tout travail mécanique, était alors relativement peu avancée. On n'avait pas encore trouvé le moyen d'utiliser d'une manière courante le charbon minéral pour la réduction des minerais et l'affinage de la fonte ; et les progrès de cette industrie se trouvaient ralentis, dans la plupart des contrées où elle avait été implantée, par la pénurie toujours croissante de bois. L'acier fondu n'était pas encore connu ; et l'acier cémenté, inventé récemment, de même que l'acier naturel employé jusqu'alors, manquaient absolument d'homogénéité.

Telles furent les nombreuses difficultés que rencontra lors de son enfantement la machine à vapeur.

Nous avons vu, dès le commencement de l'époque moderne, se manifester chez les divers peuples de l'Europe occidentale des velléités d'appliquer utilement les appareils à vapeur rudimentaires. Ce désir se développa peu à peu,

en même temps que les besoins de l'industrie allaient croissant dans les principaux pays producteurs. Parmi ces derniers, l'Angleterre avait déjà, au commencement du XVIIe siècle, pris une place importante : aussi est-ce dans ce pays que se pratiquèrent les premiers essais d'utilisation industrielle de machines à vapeur.

En 1630, Charles Ier accorda à un nommé David Ramsye, pour une durée de 14 ans, un privilège relatif à une machine à « puiser, au moyen du feu, l'eau contenue dans les fosses profondes. » On ne possède malheureusement aucune indication au sujet du mode de fonctionnement de cette machine, ni des résultats que son inventeur put en obtenir.

A la même époque, un autre Anglais, le marquis de Worcester, installa dans son domaine « une machine à feu commandant l'eau ; » et, en 1663, après avoir été breveté, il la fit fonctionner publiquement dans un établissement de Londres.

Quelques années plus tard, un Français, Denis Papin, construisit en Allemagne une machine à vapeur apte à élever de l'eau, à faire marcher les navires et à effectuer d'autres travaux importants.

Mais ni Worcester, ni Papin ne possédaient, au même degré que les connaissances scientifiques et techniques, l'habileté et les ressources nécessaires pour faire accepter leur invention par un public aveugle et incrédule. Ces hommes de génie étaient trop en avance sur leur siècle ; et, bien que la machine à vapeur répondît à un besoin réel et urgent, le monde n'avait pas encore le sens industriel assez développé pour apprécier aussitôt l'importance de cette invention. C'est seulement au commencement du siècle suivant que deux fils d'Albion, Savery et Newcomen, combinant les dispositions imaginées par leurs prédécesseurs, réussirent à appliquer sur une échelle quelque peu importante la force motrice de la vapeur à l'élévation de l'eau et à l'épuisement des mines, et réalisèrent ce type

primitif de machine que Smeaton et Watt devaient transformer bientôt après en la machine à vapeur perfectionnée, applicable à toute espèce de travaux.

Nous avons donc à examiner quelle part ont prise successivement à l'invention de la machine à vapeur Worcester, Papin, Savery et Newcomen.

L'œuvre de Worcester a été diversement appréciée par les historiens et par les savants qui ont écrit sur les origines de la machine à vapeur ; cette œuvre n'était du reste, jusque dans ces derniers temps, que fort imparfaitement connue. Enfin en 1865 un écrivain anglais, s'entourant de documents originaux et authentiques, publia la biographie complète et détaillée de cet inventeur (1), et mit le monde savant et industriel à même de prononcer à son égard un verdict judicieux et équitable. A sa suite, nous esquisserons à grands traits la vie et les travaux de Worcester. Nous examinerons ensuite les diverses opinions qui ont été émises relativement au mérite de ses inventions.

Edward Somerset naquit en 1601 près de Londres, dans le Strand (Middlesex), où habitaient à cette époque son père, Henry Somerset, lord Herbert, ainsi que son grand-père, Edward Somerset, quatrième comte de Worcester.

De très bonne heure, il se distingua par sa passion pour l'étude, et principalement pour l'étude des sciences physiques ; et, tandis que les jeunes gens de son rang s'adonnaient exclusivement aux exercices d'équitation, à l'art militaire ou à la littérature, Edward, sous la direction de son précepteur Adams, faisait ses délices de la géométrie et de la mécanique. Pour terminer son éducation, il voyagea en Allemagne, en France et en Italie, séjournant de préférence dans les villes universitaires du continent, et visitant en détail les musées, les cabinets de physique et les arsenaux.

(1) *The Life, Times*, etc. Voir plus haut.

De retour dans son pays, à l'âge de 25 ans, Edward fut admis à la cour de Charles Ier, où les membres de sa famille occupaient des fonctions importantes. Mais ce genre de vie ne correspondait nullement à ses aspirations ; aussi lorsque, en 1628, son grand-père étant venu à mourir, son père, cinquième comte de Worcester, abandonna la cour et les affaires publiques pour se retirer dans son château de Raglan (Monmouthshire), fut-ce avec le plus grand plaisir que le nouveau lord Herbert l'y suivit dans l'intention de s'y fixer définitivement.

Dans le courant de la même année, il épousa Élisabeth Dormer, dont il eut un fils, Henri, et deux filles, Anne et Élisabeth.

A peine installé avec sa famille dans le manoir de Raglan, lord Herbert s'occupa d'y établir un laboratoire de physique et de mécanique. Pour construire ses appareils et l'aider dans ses expériences, il prit à son service plusieurs ouvriers, à la tête desquels il plaça un mécanicien allemand, Gaspar Kaltoff, renommé pour son habileté : c'était à cette époque l'Allemagne, la France et l'Italie qui fournissaient à l'Angleterre ses ingénieurs, tant pour l'exécution de ses travaux publics que pour l'installation et la direction de ses ateliers et de ses manufactures.

Lord Herbert passa ainsi sept belles années, « my golden days » comme il disait plus tard, s'abandonnant tout entier aux charmes de la vie de famille et à la satisfaction que procure l'étude approfondie des sciences. C'est pendant cette période si calme de sa vie qu'il réalisa, au moins en germe, une foule d'inventions curieuses.

Parmi les engins qu'il fit ainsi construire, l'un des plus importants fut une machine hydraulique adossée au mur extérieur d'un donjon. Le Dr Bayly, chapelain de la famille de Worcester, raconte en effet dans ses écrits « qu'un jour, ayant voulu effrayer certaines gens dont il croyait avoir à se méfier, le marquis fit fonctionner devant eux la machine hydraulique que son fils avait installée

près de la tour ; et que le bruit fait par l'eau retombant du sommet du donjon était tellement fort, que les visiteurs, se croyant livrés à toutes les puissances de l'enfer, s'enfuirent morts de frayeur. » Cette machine fut probablement démolie pendant la guerre civile. On remarque encore aujourd'hui, dans les ruines de la tour, des cavités qui paraissent avoir servi à son installation. Il est probable que cet engin était basé sur le même principe que la Machine commandant l'eau, établie plus tard à Vauxhall, près de Londres.

En 1635, lord Herbert perdit l'excellente compagne de ses « jours dorés » ; et, peu de temps après, il dut renoncer à l'existence paisible et recueillie qu'il menait à Raglan. Les soins qu'il donnait à l'éducation de ses enfants, l'obligèrent à faire de fréquents voyages à Londres ; et il fut souvent retenu dans cette capitale par le désir de profiter de ressources scientifiques qu'il ne trouvait point à Raglan.

C'est ainsi qu'en 1639, nous le trouvons faisant à la Tour de Londres une expérience relative au mouvement perpétuel, et montrant au roi et à plusieurs personnages de la cour qui avaient assisté à cet essai divers perfectionnements apportés par lui aux canons et à d'autres armes à feu. C'est ainsi encore que, vers la même époque, nous le voyons occupé à préparer, avec l'aide d'un fondeur en cuivre nommé William Lambert, les matériaux d'une nouvelle machine à élever l'eau, analogue sans doute à celle de Raglan, et que Charles Ier l'avait chargé d'installer à Vauxhall. Vauxhall était un édifice situé près de Londres, sur la Tamise. Charles Ier en avait fait une espèce de musée, de laboratoire ou d'atelier, où devaient être construits et exposés toute sorte d'appareils, d'outils et de modèles relatifs à des expériences de physique et de mécanique.

En 1639, lord Herbert épousa en secondes noces Margaret O'Brien, fille du comte de Thomond (Irlande). Mais cette union se présentait sous des auspices beaucoup moins

heureux que la précédente. Les événements politiques se précipitaient. En 1640, commença à siéger à Londres le Long Parlement. L'Angleterre se divisa en deux camps : les royalistes ou Cavaliers, en grande partie catholiques; et les parlementaires ou Têtes-Rondes, pour la plupart réformés et puritains. Le sud, l'est et le centre du pays se rallièrent au Parlement; le nord et l'ouest restèrent fidèles au roi. Celui-ci quitta Londres en 1641, pour aller rejoindre ses partisans et soutenir la guerre contre le Parlement.

Le comte de Worcester était catholique et cousin du roi ; aussi n'hésita-t-il pas à prendre sa défense, et à mettre à sa disposition ses immenses richesses. Charles Ier accepta ses offres; et, en récompense de son dévouement, il le nomma premier marquis de Worcester, lui promettant d'ailleurs solennellement et à plusieurs reprises de l'indemniser plus tard de ses sacrifices.

La chambre des communes, informée de l'attitude prise par le marquis, confisqua les propriétés qu'il possédait à Londres et aux environs, et le cita lui et son fils, lord Herbert, devant le Parlement.

Le marquis fortifia solidement son château, et y réunit une garnison de 800 hommes.

Quand à lord Herbert, il fut placé à la tête d'une armée levée par son père dans le sud du pays de Galles ; mais sa campagne, mélange de succès et de revers, n'eut pas de résultat bien important. Il se distingua pourtant par sa bravoure et par sa générosité envers ses ennemis vaincus.

En 1644, il fut créé comte de Glamorgan, et chargé par Charles Ier de se rendre en Irlande, à titre d'envoyé extraordinaire et muni de pleins pouvoirs, pour négocier avec les catholiques de cette contrée, et se ménager leur alliance, même au prix de concessions défendues par les lois anglaises.

Le nouveau comte n'était pas plus exercé à la diplomatie qu'au métier des armes ; néanmoins force lui fut d'accepter cette mission délicate et irrégulière, sans que peut-être il

se fût entièrement rendu compte des difficultés qu'elle présentait et des inconvénients qui pouvaient en résulter pour lui.

Il passa donc en Irlande dans le courant de l'année 1645. Il trouva les Irlandais disposés à envoyer à Chester un renfort de 10 000 hommes, mais à la condition que certaines libertés fussent accordées au clergé et aux fidèles catholiques. Catholique lui-même, et autorisé d'ailleurs par le roi à prendre des mesures conciliatrices, le comte de Glamorgan promit d'accéder, au moins dans une certaine limite, à leurs justes réclamations. Mais il fut accusé de haute trahison ; et le lord-lieutenant d'Irlande, un protestant, le fit arrêter et emprisonner à Dublin. Charles Ier, qui déjà en 1643 avait à Oxford fait serment de ne plus utiliser les services des papistes, et dont le seul souci était, en ce moment, de ressaisir le pouvoir absolu, eut la faiblesse et la déloyauté de ne point soutenir son ministre plénipotentiaire ; et alla même jusqu'à adresser au Parlement un manifeste par lequel il désavouait les actes du comte de Glamorgan en Irlande. Ce dernier fut relâché après vingt-six jours de captivité ; mais les Irlandais ne voulant rien rabattre de leurs conditions, l'entente fut impossible ; et Chester dut se rendre aux parlementaires.

Pour consoler le comte de Glamorgan des humiliations qu'il lui avait laissé subir en Irlande, le roi lui conféra le titre de duc de Somerset et de Beaufort.

Le marquis de Worcester, retranché dans sa forteresse de Raglan, opposa une vigoureuse résistance aux troupes du Parlement. Mais, finalement obligé de se rendre, il fut emmené prisonnier à Londres, où il mourut en 1646. Ordre fut donné de démolir le château de Raglan.

Marguerite rejoignit son époux en Irlande à la fin de 1646. L'année suivante, Dublin fut assiégé à son tour par les armées du Parlement. Le second marquis de Worcester se réfugia en France avec sa famille, et se fixa à Paris, où se trouvaient aussi la reine d'Angleterre et le prince Charles.

Charles Ier, après des revers sans nombre, chercha enfin un refuge au milieu des Écossais, qui le livrèrent à ses ennemis. En 1649, il fut exécuté à Londres; et la république fut proclamée. Ce fut en vain que Charles II revint en Angleterre pour reconquérir le trône; après deux ans de tentatives infructueuses, il dut reprendre le chemin de l'exil.

Worcester était compris dans la liste des rebelles dressée par le Parlement. Il avait été décidé que les biens de ces rebelles seraient confisqués au profit de la république, et qu'ils seraient mis à mort si on les saisissait sur le territoire. Cet arrêt cependant ne fut pas exécuté dans toute sa rigueur à l'égard de Worcester, tant était grande l'estime que lui avaient conciliée, même dans l'esprit de ses adversaires, ses hautes qualités morales, son courage, sa franchise, la grande humanité dont il avait fait preuve durant la guerre, et l'extrême modération avec laquelle il avait usé des pleins pouvoirs qui lui avaient été conférés par Charles Ier.

Ses biens ne lui furent point restitués à lui personnellement; mais il fut fait droit, dans une certaine mesure, aux réclamations que sa femme, son fils et ses filles adressèrent successivement au Parlement en vue de recouvrer les domaines de leurs ancêtres. Il paraît toutefois que cette restitution fut plutôt nominale que réelle; car ce fut le manque de ressources, autant que l'accomplissement d'une mission dont l'avait chargé Charles II auprès du Parlement, qui semble avoir déterminé Worcester à se rendre à Londres en 1652, malgré l'arrêt qui décrétait sa mort le jour où il mettrait le pied sur le sol anglais. Immédiatement arrêté, il fut enfermé à la Tour.

C'est là qu'il prit la résolution de renoncer à la politique, et de se consacrer désormais tout entier aux études qu'il avait dû si malheureusement négliger depuis douze ans (1).

(1) Des écrivains ont dit que, durant sa captivité, Worcester occupé à

Relâché sous caution en 1654, après deux ans et demi de captivité, sa pensée se reporta avec regret sur Vauxhall et sur les préparatifs abandonnés de sa machine à élever l'eau.

La république avait d'abord conservé à l'établissement de Vauxhall la destination que lui avait donnée Charles Ier. Mais, en 1652, l'édifice avait été vendu ; et William Lambert, privé de son emploi, avait passé en Belgique pour entrer ensuite au service du roi d'Espagne. Worcester obtint du Parlement qu'on y réinstallât le musée et, en 1654, il fit nommer directeur des travaux mécaniques son fidèle et précieux auxiliaire, Gaspar Kaltoff.

Pendant la guerre civile, Worcester avait perdu ses notes. Pour y suppléer, et suivant le conseil d'un de ses amis, il s'occupa en 1655 de rédiger une espèce de catalogue de ses inventions, destiné à lui servir d'aide-mémoire pour la mise à exécution de quelques-unes d'entre elles. Il intitula son manuscrit : « Une centaine de titres et aperçus des inventions que je me souviens à présent d'avoir faites et perfectionnées (1). »

Ce simple recueil constitue une pièce extrêmement intéressante de littérature scientifique, tant pour la variété des sujets que pour la manière ingénieuse dont ils sont exposés. Ne devant servir qu'à son auteur, ce catalogue ne renferme point de descriptions complètes, ni de dessins explicatifs ; le plus souvent il n'indique que l'objet de l'invention et les résultats obtenus. On conçoit que, ayant

faire cuire ses aliments, remarqua que le couvercle du vase se soulevait brusquement; et que de là lui étaient venues ses idées relatives à l'emploi de la vapeur comme force motrice. Mais cette anecdote, également racontée à propos d'autres savants de cette époque, est absolument dénuée de fondement en ce qui concerne Worcester.

« (1) *A Century of the Names and Scantlings of such Inventions, as at present I can call to mind to have tried and perfected, which (my former Notes being lost) I have, at the instance of a powerful friend, endeavoured now, in the year 1655, to set these down in such a way as may sufficiently instruct me to put any of them in practise.* »

l'intention de tirer parti de ses découvertes, Worcester se soit bien gardé de les publier sous une forme précise et détaillée avant d'avoir obtenu des brevets pour sauvegarder ses droits. Il annonçait d'ailleurs, en terminant sa *Century*, qu'il avait l'intention de livrer plus tard au public un exposé complet et détaillé de ses inventions. « Pour dissiper le vague que cet ouvrage pourrait laisser dans l'esprit de mes lecteurs, je me propose, disait-il, de gratifier la postérité d'un livre dans lequel, sous chacun des titres exposés ici, j'indiquerai, à l'aide de gravures, les moyens de mettre pratiquement à exécution chacune de mes inventions, en décrivant la forme et les détails de toutes choses s'y rapportant. *In bonum publicum et ad majorem Dei gloriam.* »

La forme du titre adopté par Worcester pour son recueil peut de prime abord paraître étrange. Mais un grand nombre d'écrivains de cette époque avaient l'habitude de comprendre dans le titre de leurs ouvrages l'indication du nombre des sujets qui y étaient traités. Au reste l'expression *Century* s'applique plutôt au nombre des articles qu'à celui des inventions distinctes.

Ces inventions peuvent se classer comme suit :

1 Arithmétique et Perspective . . .	2	articles
2 Jeux	2	»
3 Automates	6	»
4 Chiffres et signes pour correspondance secrète ; caractères d'écriture, etc. .	23	»
5 Timbres et Montres	3	»
6 Économie domestique	10	»
7 Navigation et Art militaire . . .	32	»
8 Hydraulique et Machine à élever l'eau .	13	»
9 Divers sujets de mécanique . . .	9	»
	100	

On voit qu'il accordait une large part à l'art militaire,

à la correspondance secrète et même aux automates : il se conformait en cela à l'esprit et aux exigences de son époque. Il avait pourtant donné la plus grande partie de son temps à des sujets d'une importance plus réelle. Il avait étudié la question de la locomotion aérienne (art. 77) ; il avait imaginé un système de télégraphie dont le fonctionnement n'était pas ralenti par la distance ; il avait perfectionné les instruments de navigation (art. 59 à 67) ; il avait inventé, pour l'enlèvement et le transport des fortes charges, des instruments d'une grande puissance (art. 22 à 27, 29, 57 et 99 de la *Century*) ; enfin se basant, selon toute probabilité (1), sur la force élastique de la vapeur d'eau, il était parvenu à construire « une machine hydraulique tellement avantageuse que, desservie seulement par un enfant, elle pouvait élever à cent pieds de hauteur une quantité d'eau incroyable », machine qu'il n'hésitait pas à proclamer la plus étonnante qui existât dans le monde entier, et qu'il estimait devoir l'indemniser de tous les sacrifices que lui avaient coûtés ses nombreuses expériences (art. 68, 98 et 100).

Le petit ouvrage de Worcester, rédigé en 1655, ne fut imprimé que huit ans plus tard : mais il en fut fait à Londres plusieurs copies manuscrites.

Cromwell, devenu Protecteur de l'Angleterre, alloua à Worcester une modique pension. Mais ce revenu était loin de suffire à l'entretien de sa famille et à la continuation de ses travaux scientifiques. Aussi voyons-nous qu'il songea dès ce moment à tirer parti de quelques-uns des appareils qu'il avait inventés. Dans ce but, il s'adressa à quelques amis, puis au Parlement anglais ; et, désireux de faire jouir d'abord son pays du bénéfice et de la gloire de ses inventions, il rejeta des propositions avantageuses qui lui furent faites par des étrangers.

Il fit donc circuler des notes manuscrites relatives à des

(1) Voir plus loin.

procédés de « communication à distance », à des « fontaines d'agrément », etc. Mais il insista surtout sur sa « Machine commandant l'eau », dont nous reproduirons plus loin l' « exacte et vraie définition ».

Cependant n'obtenant point du Parlement l'indemnité qu'il réclamait pour la confiscation de ses biens, il se vit obligé d'implorer l'assistance des amis de sa famille.

Olivier Cromwell mourut en 1658; son fils Richard, abdiqua le titre de Protecteur ; et, en 1660, Charles II, rappelé dans son royaume, faisait à Londres son entrée triomphale.

Macaulay, dans ses *Essais*, trace en quelques lignes le portrait de ce roi. « Son tempérament était bon ; ses manières agréables, ses talents naturels au-dessus du commun ; mais il était sensuel, frivole et faux au delà de ce que n'a jamais été aucun prince dont l'histoire fasse mention. »

L'avènement au trône du fils de Charles Ier paraissait devoir être une bonne fortune pour Worcester. Il fut invité à siéger à la chambre des lords ; et, à la cérémonie du couronnement royal, il figura à la cour parmi les personnages les plus en honneur. Toutefois il ne tarda pas à rencontrer, dans l'entourage de Charles II, une certaine froideur inspirée par le souvenir de l'échec qu'il avait subi lors de sa mission en Irlande. Il eut beau adresser au chancelier de la couronne des pièces justificatives de sa conduite ; indépendamment de la question de savoir s'il avait bien agi de concert avec Charles Ier, on persista à lui reprocher d'avoir au moins commis un acte imprudent en se faisant le défenseur de la religion catholique dans des circonstances aussi difficiles que celles où se trouvait engagée l'Irlande. Au reste, suivant en cela la politique de son père, Charles II continuait à maintenir le parti catholique en Angleterre dans des conditions d'infériorité, limitant même par d'injustifiables restrictions les mesures de tolérance prises à son égard. Telle était la cause du peu de popularité dont Worcester jouissait à la cour.

La chambre des lords lui accorda la restitution de ses propriétés confisquées durant la guerre civile ; mais il ne retrouva que des édifices en ruines, des forêts abattues et des champs ravagés. Il rappela alors au roi les sacrifices que son père et lui s'étaient imposés pour la cause royale, il lui soumit le détail des sommes d'argent prêtées et dont le total s'élevait à plus de 200 000 livres sterling. Modèle d'ingratitude et de déloyauté, Charles II resta sourd aux suppliques de Worcester. L'infortuné marquis, absolument dénué de ressources, loin de pouvoir restaurer ses châteaux et remettre ses terres en culture, fut obligé d'aliéner en faveur de ses créanciers les derniers vestiges de sa fortune passée. Et, comme si l'injustice n'eût pas été encore assez criante et le désenchantement assez complet, un décret de la chambre des lords lui retira le titre de duc de Somerset que lui avait conféré Charles Ier.

Worcester n'avait plus désormais d'autre ressource que le travail. Mais il avait conscience de l'importance de ses inventions, et il évaluait bien haut les bénéfices que pourrait produire leur exploitation.

Sans nous arrêter aux patentes qu'il prit en 1661, relatives aux montres et horloges, aux pistolets et fusils, à un appareil destiné à donner de la sécurité aux voitures, à un bateau capable de lutter contre le vent et la marée, nous en venons aux démarches qu'il fit au sujet de sa fameuse Machine commandant l'eau.

C'est en 1663 que fut soumise aux chambres sa demande d'un brevet « l'autorisant, lui et ses héritiers, à jouir pendant 99 ans des bénéfices et profits de cette machine, sauf à en prélever la dixième partie en faveur du roi et de ses descendants. »

La supplique contenait la description de la machine, dans les mêmes termes que ceux de la circulaire présentée antérieurement au public. Elle se terminait par des explosions d'enthousiasme et de reconnaissance envers le Créateur. *Exegi monumentum!.... Non omnis moriar!*

s'écriait-il avec le poète ; et il ajoutait : « A Dieu seul soit toute louange, tout honneur et toute gloire jusque dans les siècles des siècles! »

Le privilège sollicité fut accordé dans le courant de l'année par acte du Parlement. Il y était stipulé qu'un modèle de la machine en question devrait, dans un bref délai, être remis au Trésorier pour être déposé et conservé à l'Échiquier.

Worcester était donc enfin en possession de ce brevet sur lequel il fondait de si légitimes espérances ; et son ardeur, un peu ralentie par tant de désillusions, fut ranimée comme par le prélude du succès.

Ce fut alors qu'il publia sa *Century*. Dans la dédicace qu'il en fit à Charles II et aux chambres du Parlement, il les remerciait de la bienveillance avec laquelle ils lui avaient accordé son brevet, faveur par laquelle il s'estimait suffisamment récompensé de toutes ses peines. Il présentait son recueil comme un ensemble de titres sommaires se rapportant à des inventions curieuses, dont il avait vérifié la réalité et la perfection au moyen d'expériences coûteuses, expériences qu'il était à même de reproduire avec l'aide de son mécanicien Kaltoff.

« Et, ajoutait-il, mon intention n'est pas de m'en tenir là, pourvu toutefois que votre appui et vos encouragements ne me fassent pas défaut. Car, je l'avouerai franchement, le découragement qui dans ces derniers temps s'est emparé de moi, et dont il vous sera facile de deviner la cause, a, j'ose le dire, retardé la réalisation pour le public de plus d'avantages que la modestie ne me permet d'énoncer. » Ce livre fut imprimé une première fois à un petit nombre d'exemplaires, destinés à être offerts aux membres du Parlement et aux autres personnes dont Worcester pensait pouvoir solliciter le concours. Mais il en fut fait dans la suite un très grand nombre d'éditions.

Un point intéressant auquel il faisait encore allusion dans la dédicace de sa *Century*, c'est le sort qu'avait eu

depuis 1654 le laboratoire de Vauxhall. — A son avènement au trône, Charles II avait fermé cet établissement, et même le bâtiment avait été mis en location. Mais au bout d'une année, le roi y avait réinstallé Gaspar Kaltoff, le chargeant d'y fabriquer des canons et d'autres instruments de guerre. Worcester, qui avait dépensé personnellement plus de dix mille livres sterling à l'aménagement de cet atelier, et y avait déposé tous les modèles et les outils employés dans ses expériences, ne pouvait s'empêcher de rappeler avec quelque amertume les dernières vicissitudes qu'il venait de subir.

Enfin Vauxhall avait été replacé sous sa haute direction et c'est là que, dès 1663, secondé par Kaltoff, il installa et fit fonctionner publiquement sa machine à élever l'eau. Il ne doutait pas que cet engin merveilleux n'attirât l'attention des savants et des industriels de l'époque ; et qu'il ne parvînt ainsi à s'attacher des associés ou des commanditaires pour son exploitation sur une grande échelle. Dans le but de donner plus de publicité à l'affaire, un ami de Worcester lança une brochure intitulée « Définition de la machine commandant l'eau, etc., » et contenant, à côté des documents relatifs au brevet, deux pièces de vers écrites, l'une en latin et l'autre en anglais, pour exalter l'invention du marquis.

La machine ne tarda pas en effet à être remarquée. En 1664, Manuel Sorbière, historien du roi de France, dans un petit ouvrage intitulé *Relation d'un voyage en Angleterre*, en parlait avec grand éloge. « Une des choses les plus curieuses que j'ai vues, disait-il, c'est une machine hydraulique qu'a inventée le marquis de Worcester, et dont il a fait l'essai. Je me rendis expressément à Vauxhall pour l'examiner..... Elle élève à la hauteur de 40 pieds, avec l'aide d'un seul homme et dans l'espace d'une minute, quatre grands seaux d'eau, et cela par un tuyau de huit pouces de diamètre. »

Mais, chose incroyable, tandis que des étrangers, exami-

nant sans prévention la Machine commandant l'eau, l'appréciaient à sa juste valeur, les compatriotes de l'inventeur parurent ne point s'en occuper ou n'en faire aucun cas. A quoi pouvait tenir cette étrange indifférence du public et des savants anglais?

Les convictions religieuses de Worcester n'étaient pas celles de la grande majorité de la nation ; on ne cessait de lui reprocher de s'être laissé influencer par elles dans ses démarches diplomatiques en Irlande ; et la bourgeoisie, toujours attachée à ses libertés politiques, se sentait peu portée à accorder ses faveurs à un homme qui avait si vigoureusement soutenu Charles Ier dans ses tentatives de domination absolue.

Le caractère public de Worcester n'était donc pas précisément de nature à lui attirer les sympathies générales. Remarquons en outre que le peuple, naturellement incrédule en présence des nouveautés, était, particulièrement à cette époque, très défavorablement prévenu à l'égard des inventeurs et des novateurs ; et la légèreté avec laquelle des privilèges absurdes avaient été accordés, sous le règne d'Élisabeth, à des inventions imaginaires, avaient singulièrement ébranlé le prestige des brevets.

Il est d'ailleurs possible que, vu l'exiguïté des moyens de publicité dont on disposait à cette époque, l'invention de Worcester ait été peu connue en dehors d'un certain milieu aristocratique. Et si, dans ce milieu, il ne devait pas avoir beaucoup d'ennemis, au moins ses habitudes et ses goûts ne laissaient pas d'y paraître étranges et y étaient taxés d'excentricité, voire même de folie. Vivant d'ailleurs dans un isolement presque complet de la cour et de la société, il ne se souciait nullement d'élargir le cercle de ses relations et de son influence.

Worcester ne trouva pas non plus d'appui du côté des savants et des amis de la science. Il n'était pas homme à capter leurs bonnes grâces par la flatterie ; au contraire, il ne faisait qu'exciter leur jalousie par ses talents réels et sa

sincère modestie. Les membres de la Société royale affectèrent de ne point s'occuper de sa machine ; et les chroniqueurs les plus en renom, tels que Evelyn et Samuel Pepys, bien qu'ils parlassent de Vauxhall et de Worcester, s'abstenaient de citer la curieuse invention du marquis. Le Dr Sprat, membre de la Société royale, dans un rapport qu'il adressa au Dr Wren, professeur d'astronomie à Oxford, sur l'ouvrage de Sorbière, passa entièrement sous silence les observations faites par ce dernier au sujet de la machine de Vauxhall.

La seule mention qui ait été faite à cette époque par les savants anglais de l'invention de Worcester est aussi peu sérieuse que peu favorable. Le Dr Hook, écrivant en 1666 ou 1667 à Robert Boyle, donne le compte rendu d'une séance de la Société royale, et lui dit entre autres choses : « Cela fournit l'occasion de présenter la Définition ou Description de la Machine commandant l'eau du marquis de Worcester. Cette pièce est tellement romanesque, que tout au plus pourrait-elle servir de sujet pour une demi-douzaine de pages de l'histoire de Fortunatus et de sa coupe enchantée.... De retour à Londres, je suis allé voir cette machine, pour en rire. Je rencontrai Kaltoff, son principal constructeur. Pour autant que j'aie pu voir de loin, cela ressemble à une des tromperies de mouvement perpétuel... » Il était donc allé à Vauxhall dans l'unique dessein de rire de la machine de Worcester (*to laugh at it*). Il ne prit même pas la peine de l'examiner sérieusement ; et dans la régularité et la continuité de son mouvement, il ne voulut voir qu'une tentative chimérique. Œuvre de malveillance et de parti pris, ce rapport burlesque exerça sur l'esprit de Boyle et des autres membres de la Société royale une fâcheuse influence, et ôta à ces savants toute envie de faire de nouvelles enquêtes.

En dépit de toute l'opposition qui, ouvertement ou tacitement, était faite à sa machine, Worcester se trouva cependant sur le point de pouvoir lui donner une application

fructueuse. En 1665, il annonçait à un de ses amis que, si Dieu lui prêtait encore deux années de vie, il espérait au bout de ce temps avoir installé sa machine dans un endroit, où il était assuré d'en retirer journellement cent livres de profit.

Vu le peu de perfection atteint à cette époque par l'art des forges, Worcester estimait avoir besoin de deux ans pour construire et monter son engin. Mais, ce qui lui faisait surtout défaut pour mettre son projet à exécution, c'étaient les ressources pécuniaires. Il insista donc plus vivement que jamais auprès du roi pour obtenir la restitution, au moins partielle, des sommes que son père et lui avaient avancées à Charles Ier. Il adressa à Charles II réclamations sur réclamations, et fit intercéder en sa faveur. Dans les lettres qu'il écrivit à cette époque à ses amis, on trouve une peinture vraiment navrante de sa détresse. Non seulement il n'avait pas à sa disposition l'argent nécessaire pour faire construire sa machine, mais il était harcelé par de nombreux créanciers, fournisseurs, prêteurs sur gages et détenteurs de parts des bénéfices éventuels de ses inventions ; et cet homme, dont la fortune s'était élevée jadis à plus de 900 000 livres sterling, manquait de pain pour sa famille.

Enfin, forcé de prendre un parti sur les requêtes de Worcester et n'osant point y répondre par un refus catégorique, Charles II feignit de n'être pas suffisamment renseigné et, en 1666, une commission fut chargée par lui d'examiner la légitimité des réclamations. Comme bien on le pense, cette commission n'avait pas reçu l'ordre d'opérer avec promptitude ; aussi son rapport se fit-il attendre indéfiniment.

Pendant ce temps la situation de Worcester devenait de plus en plus précaire. Et ce n'était pas assez d'être aux prises avec la misère ; il se vit encore menacé de la persécution religieuse, et Vauxhall fut de nouveau sur le point d'être enlevé à la direction de son organisateur.

N'espérant plus rien de la justice des hommes, Worcester tomba dans un profond accablement; sa santé s'altéra rapidement, et, en 1667, le malheureux inventeur succomba, à la suite d'une courte maladie. Ses restes mortels furent transportés à Raglan dans le caveau de sa famille.

Comme nous avons déjà eu mainte occasion de le remarquer, Worcester était un chrétien aussi fervent qu'éclairé. Voici en quels termes il exprima sa reconnaissance au Créateur, source suprême de toute intelligence, lorsque pour la première fois il vit réalisé pratiquement son type définitif de machine à élever l'eau.

« O Dieu tout-puissant, dont la miséricorde est infinie et dont le savoir n'a point de limites, recevez les très humbles remerciements que je vous adresse du fond de mon cœur pour avoir daigné, non seulement me créer et me racheter, mais encore me révéler un secret de la nature si important et si fécond en avantages pour l'humanité tout entière. Ne permettez pas, Seigneur, que je m'enorgueillisse de cette découverte, ni de mes autres inventions, combinaisons et expériences, quelque nouvelles et quelque admirables qu'elles soient. Mais inspirez l'humilité à mon cœur altier par la vraie connaissance de mon ignorance, de ma faiblesse et de mon indignité. Accordez-moi la grâce et la force nécessaires pour pouvoir servir courageusement mon roi et mon pays ; pour désabuser et convaincre mes ennemis, dont je ne crois pas avoir mérité l'incrédulité et la malveillance obstinées ; pour m'acquitter des obligations que j'ai contractées, récompenser mes bienfaiteurs, soulager la détresse de ma famille et venir en aide à ceux de mes amis qui se confient en moi et qui souffrent. Et qu'en tout cela je ne me laisse jamais guider par l'égoïsme, mais que j'aie toujours en vue votre honneur et votre gloire. »

Les chagrins de ses dernières années ne lui permirent point d'accomplir la promesse qu'il avait faite de publier un

exposé détaillé de ses inventions. Tout lui manqua, même le temps qu'il avait demandé au Ciel pour l'utilisation industrielle de sa machine à élever l'eau.

Le compagnon de travail de Worcester, le fidèle et habile Kaltoff, l'avait précédé dans la tombe ; et bien qu'il eût été remplacé à Vauxhall par le fondeur William Lambert, l'entretien des appareils, et en particulier de la Machine commandant l'eau, laissa dès lors beaucoup à désirer.

Néanmoins cette machine excitait encore en 1669 l'admiration de Cosme de Médicis et de sa suite, lors d'un voyage qu'ils firent en Angleterre. L'historien de ce prince raconte qu'ils remarquèrent d'abord une machine hydraulique mue par deux chevaux, et installée sur la Tamise pour l'alimentation d'eau d'une partie de la ville de Londres; mais qu'étant allés ensuite à Vauxhall, ils virent une autre machine de l'invention de Worcester, qui, conduite par un seul homme, élevait quatre grands vases d'eau à une hauteur d'environ 40 pieds, dans un temps très court et par un tube d'un empan de diamètre. Ils considérèrent cette machine comme d'un emploi plus avantageux pour le service public que l'engin fonctionnant sur la Tamise.

La veuve de Worcester, qui avait vu fonctionner le merveilleux appareil, rêve de son malheureux époux, et qui avait une foi vive dans son mérite, déploya un zèle à toute épreuve pour convaincre le public incrédule. L'unique but de son existence fut désormais de faire rendre à celui qui n'était plus l'honneur et la reconnaissance qu'il avait mérités. Seule et abandonnée de tous, elle poursuivait cette lutte avec tant d'ardeur qu'à la fin sa santé et sa raison même en subirent de graves atteintes. Son directeur spirituel dut lui conseiller de renoncer à ces préoccupations trop accablantes, de quitter les lieux qui lui rappelaient de si tristes souvenirs et d'aller, dans quelque localité isolée, chercher l'oubli et le repos. La courageuse femme se soumit, et le monde n'entendit plus parler de la Machine

commandant l'eau de Worcester. Marguerite mourut en 1681.

Quant au fils de Worcester, Henri, premier duc de Beaufort, mort en 1699, il ne semble pas s'être occupé de l'invention de son père, dont la propriété lui était pourtant garantie par acte du Parlement.

(La suite prochainement.)

J. B. André.

BIBLIOGRAPHIE (1)

I

Traité pratique de chimie et de géologie agricoles... par Stanislas Meunier, docteur ès-sciences, aide naturaliste de géologie au Muséum, lauréat de l'Institut. Un volume in-18 de XII 369 pp. avec 200 figures. 1880. Paris, J. Rothschild.

Le sujet de ce petit livre n'est pas suffisamment indiqué par son titre. Celui-ci contient moins que le volume, qui est en réalité un manuel d'agronomie pratique et élémentaire. La chimie et la géologie agricoles y figurent sans doute ; mais avec bien d'autres choses encore.

On en jugera par le compte rendu sommaire que nous essaierons d'en donner.

Les notions générales de la chimie, sa nomenclature, ses notations, ses définitions, le libellé de ses formules, occupent un premier chapitre que suivent deux autres consacrés l'un à l'étude des éléments constitutifs des animaux et des végétaux, l'autre à celle des éléments minéraux des plantes, autrement dit, de leurs cendres.

Voilà pour la chimie.

Nous passons de là aux notions de physiologie végétale indispensa-

(1) Les études de M. l'abbé Lecomte sur le *Darwinisme et l'expression des émotions*, qui ont paru pour la plus grande partie dans cette Revue, et pour le surplus dans la *Revue catholique*, viennent d'être réunies en un volume, et mises en vente à Louvain, chez Ch. Peeters, et à Paris, Société générale de librairie catholique.

bles à la pratique non routinière mais raisonnée de l'agriculture : structure, fonctions, développement de la plante, puis étude des principes immédiats tels que matières sucrées, grasses, albuminoïdes ; cellulose, gommes, résines, etc.; qui entrent dans sa composition.

L'étude des sols se présente ensuite dans laquelle, sur douze ou treize chapitres, la partie géologique véritable n'en comprend guère qu'un seul, celui qui a pour titre : *Les terrains et leurs subdivisions*. La composition, l'origine, la classification des sols, leurs propriétés physiques et chimiques encadrent ce chapitre qui est là un accessoire utile, indispensable si l'on veut, mais non l'objet même du travail de l'auteur.

Cette critique de maigre importance s'adresse moins, au surplus, à M. Stanislas Meunier qu'aux professeurs Johnston et Cameron dont il n'est que le traducteur — à la vérité le traducteur *libre* — comme il nous en avertit dans son titre. En effet, ces professeurs ayant eux-mêmes intitulé leur livre *Elements of agricultural chemistry and geology*, on voit que notre auteur a fait sur ce point une traduction non pas libre, mais bien rigoureusement littérale.

Les relations des sols avec les plantes qui y croissent spontanément ou qui, introduites par la culture, y prospèrent, les modes d'amélioration des terrains par drainage, labours profonds, boisements et pâturages, chaulage et marnage, écobuage, irrigations ; le pouvoir d'absorption des terres végétales et la fixation par elles des sels solubles ; enfin la condition de celles qu'une culture abusive a fait travailler jusqu'à épuisement ; voilà pour compléter la question des sols.

Nous retrouvons alors la physiologie végétale dans l'exposition du mode de germination des plantes, de l'assimilation par elles de leurs quatre principes fondamentaux. L'application, le mode d'action des divers engrais et l'étude détaillée de leurs nombreuses variétés, avec quelques pages sur les falsifications des engrais artificiels, viennent à point après l'étude de la végétation et des sols et permettent d'indiquer ensuite à grands traits l'agronomie des principales cultures : fourrages, céréales, légumineuses, racines et tubercules, et celle des produits animaux.

Enfin l'alimentation du bétail, la nutrition de l'animal et toutes les questions physiologiques et d'application pratique qui s'y rattachent terminent ce très complet opuscule. Rien n'y est omis, même la nourriture de l'homme dont la *ration* est indiquée en tête de celle du cheval, du bœuf et des veaux. Peut-être les professeurs Johnston et Cameron, ou à défaut d'eux leur traducteur libre, eussent-ils pu sans inconvénient établir une distinction plus accentuée entre l'*homme* qui fait la culture et le *bétail* qui la subit.

A de pareils menus détails près, ce petit manuel d'agronomie prati-

que est à recommander. Il est clair, méthodique, précis et rempli d'enseignements. S'il fût tombé sous nos yeux avant l'achèvement du travail que nous donnons plus haut sur les *sols* au point de vue spécial de la sylviculture, nous y aurions puisé plus d'une indication utile. Entre les mains d'agriculteurs éclairés quoique non encore agronomes, il peut rendre des services en les initiant, sans fatigue et sans études de longue haleine, à tout ce qu'il est pratiquement utile de connaître en agronomie dans l'état actuel de cette science.

C. K.

II

Le traitement des bois en France *à l'usage des particuliers* par Ch. Boilliard, professeur à l'École forestière. Un vol. in-8° 1881. — Paris et Nancy, Berger-Levrault.

L'ouvrage dont le titre précède n'est pas, à proprement parler, un cours familier de sylviculture. C'est, plus exactement, un traité de vulgarisation pratique de tout ce qui a rapport à la gestion des forêts au point de vue des propriétaires qui ne sont ni États, ni communes, ni associations quelconques, mais bien simples particuliers. Pénétré, probablement par sa propre expérience, de cette vérité qu'un grand nombre de propriétaires de la catégorie à laquelle il s'adresse, en France, ignorent, en matière forestière, même les premières notions du métier, l'auteur a pris soin de se mettre à la portée de cette ignorance. Et cependant, pour si élémentaire qu'il soit, son livre contient toutes les données essentielles de la science sylvicole, non seulement de la science sylvicole mais de l'art forestier, et même de quelques points indispensables qui font partie du menu bagage de l'instruction courante en matière scientifique. Et comme une longue pratique de l'enseignement permet d'avoir, constamment et simultanément présents devant les yeux tous les détails importants, dont les uns ou les autres peuvent échapper au praticien ordinaire lorsqu'il n'est pas dans le cas de les appliquer souvent, il se trouve que rien d'essentiel n'a été omis par le professeur de l'école de Nancy dans son *Traitement des bois en France*.

Mais peut-être, écrit pour la France, ce livre est-il sans grande application aux autres pays? Telle est du moins la question qui peut, à l'inspection du titre, se poser dans l'esprit des lecteurs non français. Il faut remarquer que la France, par sa position dans la zone cen-

trale de l'Europe et ses conditions orographiques, offre une variété de climats qui fait d'elle, à ce point de vue, une sorte de réduction du continent auquel elle appartient. Sur son littoral méditerranéen, la France offre un ciel presque aussi fortuné que les plus beaux ciels de la belle Italie. Réchauffés par le Gulf-Stream, les départements de l'ouest souffrent peu des gelées, et présentent dans leur flore, jusqu'à l'est de la Bretagne, plus d'une réminiscence des flores du midi. Du nord et de l'est de notre pays aux districts flamands, badois et de la basse Allemagne, quelle différence fondamentale, au point de vue de la végétation forestière, pourrait-on constater ? Enfin les hauts sommets et les plateaux élevés des Pyrénées, de l'Auvergne, des Cévennes, des Alpes, du Jura et des Vosges, achèvent de compléter, en France, l'ensemble des conditions climatériques de la majeure partie de l'Europe. Il suit de là qu'un livre relatif à la gestion des forêts françaises peut trouver des applications en un rayon beaucoup plus étendu.

I. En premier lieu, deux choses sont à considérer, avant toute indication, sur la perception des produits à retirer d'une propriété boisée. Il y a la gestion générale, l'administration de cette propriété : questions de clôture ou de limites, de percement, de parcellaire, de surveillance et de répression des délits, mode d'exercice du droit de chasse, différentes manières de procéder pour la vente des coupes ou des produits divers. Il y a aussi la connaissance du cubage des bois, indispensable au propriétaire qui veut se rendre compte par lui-même du rendement de sa propriété et en diriger la gestion en connaissance de cause ; l'auteur commence *ab ovo* en exposant familièrement les théorèmes de géométrie élémentaire sur lesquels reposent les procédés de cubage usuel : cubage des billes, des arbres abattus et sur pied, des houppiers et branchages, etc.

II. Préparé par ces préliminaires importants, le lecteur peut être initié à l'application pratique des différents modes de culture des bois, à leur exploitation et à la récolte des produits qu'ils doivent donner. Nous avons eu assez de fois l'occasion de définir, dans ce recueil, ce que l'on entend par *taillis simples*, *taillis composés*, *futaies pleines*, etc., pour être exempt d'y revenir à l'occasion du livre que nous analysons. Après les préliminaires, l'auteur étudie la constitution des taillis simples, les questions de leur *exploitabilité*, c'est-à-dire de l'âge auquel il est préférable de les exploiter, de leur estimation, et de la division en coupes réglées des bois de cette nature. Puis il applique ces principes généraux aux principales essences feuillues : chêne rouvre, chêne vert, châtaignier, hêtre, essences mélangées, micocoulier, robinier ou faux-acacia, et enfin au traitement des oseraies.

III. Après les taillis *simples*, les taillis *composés*, c'est-à-dire mi-partis

de futaie, ou *sous-futaie* : en quoi ils consistent, classification des réserves, *balivages* et estimations, aménagement ; puis, application à des peuplements d'essences mélangées, de chêne pur, de hêtre dominant. A l'occasion des futaies sur taillis, l'auteur aborde un sujet fort intéressant et trop négligé jusqu'ici : la culture ou l'éducation des arbres isolés.

IV. La futaie pleine est un mode de culture peu accessible, — en France et dans tous les pays de propriété morcelée et divisible à l'infini, — aux simples particuliers. Cependant il y a les essences résineuses qui, ne se reproduisant que de semence, ne peuvent pas être traitées autrement, et enfin un petit nombre de massifs de futaie de hêtre et de chêne commun se rencontrent encore chez quelques riches particuliers. Il y avait donc lieu d'exposer le mode de traitement, de martelage et d'estimation de peuplements dans ces conditions en chêne, hêtre, sapin et épicéa, pins et mélèzes.

V. Il n'y a pas, dans les propriétés particulières, que des forêts existantes et à l'état de massifs ininterrompus et de consistance normale. Il y a aussi des forêts clairiérées et entrecoupées de vides à regarnir et à compléter. Il y a des terrains vagues et improductifs, trop pauvres pour se prêter fructueusement à la culture proprement dite et qu'il s'agit d'utiliser, de forcer à produire en les couvrant de végétation forestière. Il y a enfin de bons fonds qui, pour des raisons économiques ou locales quelconques, ne peuvent être avantageusement ni mis en culture ni affermés et dont on peut cependant tirer bon parti en les boisant. L'auteur du *Traitement des bois* a, en conséquence, consacré un important chapitre à la question éminemment actuelle des reboisements. Il y examine les diverses natures du sol, leurs propriétés et modes d'action, les exigences sous ce rapport des principales essences, et enfin l'influence que le peuplement forestier exerce à son tour sur le sol ; puis il aborde la question des semis et des plantations dans tous les cas possibles, sans omettre les enseignements nécessaires pour la culture en pépinière, qui permet d'élever soi-même les plants dans les conditions les mieux appropriées aux sols à boiser : terres arables, terrains sableux et dénudés ou crayeux, calcaires compacts et arides, rochers nus, landes et dunes, montagnes à restaurer et torrents à éteindre ou à réduire.

VI. L'emploi des différents bois est une connaissance très importante pour le propriétaire forestier : c'est par là qu'il pourra se rendre un compte exact des ressources de sa forêt, du meilleur parti à en tirer et des moyens les plus sûrs d'y parvenir. Il y a les bois feuillus : les bois à gros vaisseaux, comme le chêne, le châtaignier, le frêne, le robinier et l'orme champêtre, tous recherchés comme bois de service et d'industrie ; les bois plus communs et non pourvus de gros vaisseaux comme le charme, le hêtre et les érables, employés dans l'industrie, mais sur-

tout en chauffage; les fruitiers (sorbiers, alisiers, merisiers, poiriers, etc.), qui subviennent aux mêmes besoins, et enfin les *bois blancs* et les arbrisseaux. L'auteur mentionne les emplois spéciaux et généraux de chacune de ces catégories d'essences, ainsi que des sapins, épicéas, pins et mélèzes.

VII. Cette portion du volume peut en être considérée comme la partie industrielle, faisant suite à la partie culturale, elle-même précédée des notions de gestion et de cubage. Mais l'ouvrage ne prend pas encore fin ici. Sous ce titre : *Appendice*, il entre dans divers ordres de considérations qui n'auraient pu trouver place dans le cadre que l'auteur s'était tracé, et dont quelques-unes peuvent avoir en certains cas une grande importance. Telles sont, par exemple, celles qui se rapportent aux forêts possédées par indivis ou à titre d'usufruit. La jouissance usufruitière d'une forêt est chose extrêmement délicate, dangereuse pour le nu-propriétaire, et inquiétante pour la conscience de l'usufruitier si peu qu'elle soit timorée ; une part du capital, qui peut même être la plus considérable, étant formée par le matériel sur pied et se confondant avec ce qui doit subvenir au revenu, on comprend combien l'abus peut être difficile à distinguer de l'usage légitime. Les *prés-bois*, sorte de propriété de nature mixte, moitié forêt et moitié pâture à bêtes bovines, qui a son type dans les hautes régions de la chaîne du Jura, les prés-bois ont aussi leur paragraphe. Il en est de même de la tenue des calepins de balivage, de martelage et d'estimation, du *contrôle* qui est la tenue de la comptabilité du matériel de la forêt, partie très importante d'une bonne gestion et trop habituellement négligée.

VIII. Nous croyons avoir donné une analyse assez exacte du *Traitement des bois*. Nous l'avons, en commençant, apprécié d'une manière générale, et cette appréciation générale était toute à l'éloge de l'auteur. Cet éloge n'est-il passible d'aucune restriction? Il serait puéril de le prétendre. L'ouvrage, très bien fait et parfaitement approprié à la classe de lecteurs à laquelle il s'adresse, a toutes les qualités que lui valent les aptitudes professorales de son auteur : précision, lucidité, netteté, agrément d'un style simple, correct, à la fois élégant et familier. Mais il a aussi quelques-uns des défauts correspondants. Il est parfois trop affirmatif et trop absolu. Par exemple, à la page 229, on nous dit que le pin sylvestre « ne se plaît que dans les terrains siliceux ». Cela n'est pas tout à fait exact. Les sols légers et sablonneux sont assurément ceux que le pin sylvestre préfère, mais on le voit souvent prospérer même dans des sols calcaires : l'auteur, du reste, le reconnaît implicitement 68 pages plus loin, en disant que, pour les reboisements dans les terrains crayeux et les friches calcaires, « c'est le pin sylvestre ou le pin laricio qu'il semble préférable de choisir. »

Ailleurs, on fait observer (p. 268) que, en général, les terrains en

pente valent moins que les terrains en plaine, ce qui est vrai, et que les arbres, y croissant verticalement, n'y sont jamais plus nombreux, ce qui est théoriquement indéniable. Mais est-il autant hors de conteste que les arbres, sur les sols inclinés, sont généralement plus rares et que, surtout, les conditions de la végétation y sont moins bonnes ? Cela est exact dans bien des cas, mais non dans tous : sur une pente moyenne, les cimes des arbres se trouvant étagées participent dans une plus large mesure aux influences atmosphériques et principalement à la lumière; et si, en même temps, la pente est tournée à une exposition fraîche, si le sol est de bonne qualité et le peuplement bien homogène, les arbres y prendront certainement un plus beau développement que, toutes choses égales d'ailleurs, ils ne le feraient sur un terrain parfaitement horizontal.

On relèverait encore de ci, de là, en cherchant bien, nous ne dirons pas quelques erreurs, ce serait trahir la vérité en l'outrepassant, mais quelques indications ou appréciations trop tranchées et trop axiomatiques. Il ne faut pas perdre de vue que rien n'est contingent et variable comme les applications des principes sylvicoles, et que, si l'ensemble des règles et des pratiques qui constituent l'art forestier repose tout entier sur des lois naturelles parfaitement établies, leur mise à exécution est subordonnée à des concours si complexes de circonstances si variables, qu'il est peu de ces règles auxquelles il n'y ait lieu à exception dans telle ou telle circonstance donnée.

Ces imperfections ou plutôt ces omissions, qui peuvent s'expliquer, du reste, par le désir de l'auteur de ne point trop grossir son in-octavo, d'une consistance déjà de 470 pages, n'empêchent pas ce volume de remplir pleinement son but. Il fait apprécier tous les avantages de la propriété forestière, apprend à la bien administrer là où elle existe, à la créer là où elle n'existe pas, à l'améliorer là où elle laisse à désirer. On doit donc souhaiter qu'il tombe entre les mains de tous ceux qui, propriétaires ou régisseurs, ont un motif quelconque de s'intéresser aux bois comme aux terres rebelles ou délaissées par la culture proprement dite.

C. K.

III

Bibliographie générale de l'astronomie ou catalogue méthodique des ouvrages, des mémoires et des observations astronomiques publiés depuis l'origine de l'imprimerie jusqu'en 1880, par J. C. Houzeau, directeur de l'Observatoire royal de Bruxelles et A. Lancaster, bibliothécaire de cet établissement. — Tome II. Mémoires et notices insérés dans les collections académiques et les revues ; premier et second fascicules. — Bruxelles.

L'Observatoire royal de Bruxelles, qui a publié dans ces dernières années le *Catalogue des ouvrages d'astronomie et de météorologie* qui se trouvent dans les principales bibliothèques de la Belgique, et, dans l'*Uranométrie générale* de M. J. Houzeau, son directeur, le *Répertoire des constantes de l'astronomie* (1), vient d'inaugurer une nouvelle publication bibliographique dont l'importance et le mérite n'échapperont à personne.

Le but de la *Bibliographie générale* est de réunir, en trois volumes, les titres, non seulement des ouvrages considérables ayant trait à l'astronomie, mais ceux aussi des brochures, des mémoires, des notices, des observations, etc., insérés dans les revues spéciales ou autres, dans les journaux et dans les collections académiques, avec tous les renseignements nécessaires pour permettre de les consulter.

Tout le monde conviendra de l'utilité d'un semblable catalogue. Il est indispensable, pour travailler avec profit, de connaître ce que les autres ont écrit sur les questions dont on s'occupe ; et il est souverainement désirable que l'on puisse toujours recourir aux sources originales. Aussi, bien des écrivains, à quelque branche de la science qu'ils appartiennent, ont-ils dressé la liste des publications se rapportant à telle question spéciale qu'ils avaient étudiée. Pour ce qui regarde l'astronomie, il y a eu même plusieurs essais de bibliographie générale ; nous citerons entre autres, après MM. Houzeau et Lancaster, le *Repertorium commentationum* de Reuss et le *Catalogue of scientific papers* publié par la Société royale de Londres.

Tous ces travaux formaient un fond précieux. Mais il fallait les revoir, les réunir, les compléter, les mettre au jour. Ce travail considérable a été entrepris dans le sens le plus large et avec les soins les plus minutieux à

(1) *Annales de l'Obs. royal de Bruxelles,* nouv. série, astronomie, t. Ier, 1878.

l'observatoire de Bruxelles. « Nos matériaux sont réunis et presque entièrement classés, disent les auteurs de la *Bibliographie générale* ; il ne nous faut plus que quelques mois pour achever de les mettre en ordre. »

La *Bibliographie générale* aura trois volumes portant respectivement pour titres : I. Ouvrages, II. Mémoires et notices, III. Observations.

Le premier volume contiendra les publications détachées, c'est-à-dire celles qui ont été imprimées séparément, par opposition à celles qui font partie de collections académiques ou de journaux scientifiques. Lorsque la simple mention d'un titre trop général ne suffira pas pour faire connaître les différents objets que les auteurs ont embrassés dans leur plan et les questions particulières qu'ils ont traitées, on y joindra une table raisonnée des matières de l'ouvrage. On saura donc dans quel volume se trouve telle recherche particulière et, jusqu'à un certain point, dans quel sens et par quelle méthode le sujet a été traité. On fera suivre ces résumés, chaque fois que cela sera utile, de renseignements bibliographiques relatifs à l'impression de l'ouvrage, aux principaux changements introduits dans ses éditions successives, aux traductions, aux analyses qui en auraient été faites, etc. Enfin, ce même volume contiendra aussi la liste des principaux manuscrits d'astronomie non publiés jusqu'à ce jour ; il se terminera par une table alphabétique des auteurs et des matières.

Rien encore n'a paru de ce premier volume, si ce n'est quelques pages spécimens imprimées dans la notice-prospectus qui fait connaître le plan de la *Bibliographie générale* et son mode de publication. Nous nous réservons d'en parler plus tard aux lecteurs de la Revue, ainsi que de la troisième partie, relative aux observations, qui sera publiée la dernière. Disons seulement que, dans ce dernier volume, on se propose de dresser un tableau général des observations astronomiques sur le plan des tables des *Astronomische Nachrichten*, sans entrer toutefois dans d'aussi grands développements, ou sur le modèle du *Repertorium des Cometen-Astronomie*, de Carl. Cette partie de la *Bibliographie générale* contiendra tout ce qui a rapport aux observatoires anciens et actuels. Leurs descriptions, leurs déterminations géographiques ; les détails nécessaires sur leurs travaux et leurs publications, etc. Viendront ensuite les observations proprement dites. On comprendra sous ce titre tant les observations méridiennes et d'un caractère général que les observations spéciales qui seront groupées par espèce et par astre. On mentionnera, dans l'ordre chronologique, les sources principales pour les observations des taches, facules et protubérances du soleil ; les observations d'éclipses du soleil et de la lune, les monographies des astéroïdes, celles des comètes ; les catalogues d'étoiles ; les calculs d'étoiles multiples ; les descriptions individuelles d'étoiles variables et de nébuleuses, etc.

C'est par le second volume, consacré aux mémoires et notices, que MM. Houzeau et Lancaster ont commencé leur publication. Un premier fascicule a paru en décembre 1880, un second en mars 1881, formant un ensemble de 848 pages grand in-8° à deux colonnes. Ils comprennent six sections, subdivisées en paragraphes, et portant respectivement pour titres : Histoire et étude de l'astronomie, bibliographies astronomiques, astronomie sphérique, astronomie théorique, mécanique céleste et astronomie physique ; nous en parlerons plus loin en détail. Un troisième fascicule, contenant la fin de la sixième section et trois sections nouvelles consacrées à l'astronomie pratique, aux monographies des corps principaux du système solaire et à l'astronomie sidérale vient de paraître (juillet 1881) ; nous en parlerons dans le prochain numéro de la Revue. Enfin, un quatrième et dernier fascicule composé d'un petit supplément, de la table des auteurs et de l'introduction complétera prochainement le second volume. Immédiatement après commencera la publication du premier volume. Il sera moins considérable que le précédent, et il aura paru en entier avant la fin de l'année prochaine.

Parcourons maintenant les deux premiers fascicules du tome second. En tête du premier se trouve la *Clef des abréviations*. Une première liste est consacrée aux recueils des sociétés savantes et des établissements publics, aux œuvres et collections de mémoires des hommes de science. Pour chacune de ces publications on donne le nom de l'auteur ou le titre de la société avec l'indication de la ville où elle siège ; le signe abréviatif par lequel on désignera le recueil dans le corps de la *Bibliographie générale ;* le titre complet du recueil, son format, le lieu d'impression, le nombre des volumes et leurs dates ; les tables de la collection ; enfin des remarques utiles et de nature diverse.

Ces collections sont rangées par ordre alphabétique des villes auxquelles elles appartiennent. Une note fait connaître l'ordre adopté pour les publications appartenant à une même ville.

On pourrait croire à première vue que cette disposition, en bouleversant l'ordre alphabétique des signes abréviatifs, rend difficile le maniement de cette clef. Il n'en est rien cependant. Chaque fois que la *Bibliographie générale* renvoie à un recueil qui figure dans cette première liste, elle fait précéder le signe qui le représente du nom de l'auteur ou du nom de la ville à laquelle il appartient. Dès lors c'est ce nom qui guide le lecteur, et la recherche est généralement facile.

Une seconde liste, dressée sur le plan de la première, est consacrée aux journaux et revues. Ici, ce sont les abréviations, rangées dans l'ordre alphabétique, qui commencent les indications. L'usage de cette seconde partie de la clef nous a paru un peu laborieux. Les caractères de taille différente qui entrent dans la composition des signes abréviatifs, et surtout l'emploi d'indices qui échappent par leur extrême petitesse, déroutent parfois les recherches.

On nous permettra, puisque la bibliographie est par excellence la science de l'exactitude minutieuse, de relever en passant quelques petits détails. A la suite du titre : *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, Roma, I—XII, 1868—1879, on lit cette note : « Ce recueil a cessé de paraître. » C'est une erreur. Le tome XIII est en voie de publication : le numéro de juin 1880 a paru en mai 1881 ; c'est le dernier qui ait été publié à notre connaissance.

A la page 73, on ne donne que sept volumes (1872—1878) au *Journal de physique théorique et appliquée* de J.-Ch. d'Almeida. Le huitième et le neuvième volume ont cependant paru très régulièrement, et le dixième en est à sa septième livraison. Depuis la mort de M. J.-Ch. d'Almeida, arrivée le 8 novembre 1880, un mot du titre de ce journal a été changé ; au lieu de « publié par J.-Ch. d'Almeida » on lit « fondé par J.-Ch. d'Almeida. » Nous ignorons pourquoi la *Bibliographie générale* n'a pas dépouillé le tome VIII de cette collection, paru tout entier avant la fin de 1879.

L'indication relative aux tables des Mémoires de Trévoux, page 74, est incomplète. Un premier volume, celui que signale la *Bibliographie générale*, a pour titre exact : *Table méthodique des mémoires de Trévoux*, première partie, dissertations, pièces originales ou rares, mémoires ; Paris 1864. Deux autres volumes, formant la seconde partie, ont paru depuis. Ces trois volumes sont du P. Sommervogel, S. J.

Après la clef des abréviations, viennent immédiatement les différentes sections dont nous avons indiqué plus haut les titres. Chacune d'elles est subdivisée en paragraphes portant des titres spéciaux sous lesquels sont rangés, dans l'ordre chronologique, les travaux qu'ils annoncent.

L'ordre chronologique est excellent ; et, en général, il est fidèlement observé. Mais il en coûte un peu de le constater. Les dates, qui doivent ici guider les recherches, sont imprimées en caractères qui ne frappent nullement l'œil ; de plus, elles sont placées à la suite du titre, où l'on est forcé de les chercher entre le nombre qui indique la page et celui qui indique le volume de la publication à laquelle on renvoie. Il eût été plus avantageux, nous semble-t-il, d'imprimer ces dates en caractères plus distincts ou, mieux encore, de les placer en marge, comme on l'a fait dans les articles de bibliographie physique insérés dans les *Œuvres* de Verdet, comme M. Houzeau l'a fait lui-même dans le *Répertoire des constantes de l'astronomie*.

C'est la seule critique générale que nous ayons à faire sur l'ensemble de ces deux fascicules. Il faut attendre les tables du volume pour bien juger de la facilité avec laquelle on se retrouvera au milieu des sections et des paragraphes qui les sous-divisent. Ce n'est pas une petite difficulté de classer, sans confusion, une telle quantité de mémoires et d'articles. Les auteurs de la *Bibliographie générale* nous semblent l'avoir assez

bien évitée ; ce sera un des nombreux mérites de leur travail. Les titres des différents paragraphes sont, en général, précis et suffisamment distincts, sans être cependant trop multipliés.

Évidemment, nous n'avons pu revoir une à une toutes les citations de la *Bibliographie générale*, nous en avons cependant vérifié au hasard un nombre assez considérable pour pouvoir conclure à une très grande exactitude. Les recherches ont certainement été très sérieuses ; on ne s'est pas contenté d'indications prises de seconde main, et on a mis le plus grand soin à la correction typographique.

Nous ne pourrions dire jusqu'à quel point tous les articles de la *Bibliographie générale* sont complets. Notre révision n'a porté que sur quelques-uns d'entre eux. Nous y avons cherché les notices les moins importantes, les plus exposées par conséquent à passer inaperçues ; nous avons constaté que la plupart y étaient signalées.

Nous n'aurons donc que peu d'incorrections ou d'oublis à relever. Il y en a vraisemblablement bien d'autres ; car il est impossible qu'il ne se glisse pas quelques erreurs dans un travail de cette étendue et de cette nature : le temps les fera disparaître. C'est donc dans l'intérêt de la *Bibliographie générale*, dont nous admirons la très grande perfection relative, que nous indiquerons les quelques inexactitudes qui nous ont frappé à la lecture, si peu nombreuses et si peu importantes qu'elles soient.

Dans la première section, au paragraphe relatif à l'astronomie des Chinois, nous n'avons point trouvé les *Mémoires concernant l'histoire, les sciences, les arts, les mœurs, les usages, etc. des Chinois*, publiés par les missionnaires de Pékin (1776-1791). Ces 15 volumes renferment cependant des détails intéressants sur les astronomes et l'astronomie en Chine.

Dans la seconde section, consacrée aux biographies des astronomes, le nom d'Aryabhatta est suivi de cette indication : « 1er (?) siècle. » ; on s'accorde généralement, croyons-nous, à le faire vivre au cinquième siècle. D'après M. P. Mansion, c'est en 476 qu'est né Aryabhatta (1).

La date de la naissance de G. Bruno n'est point précisée ; on se borne à la rapporter au milieu du XVIe siècle. On sait cependant avec certitude que Bruno naquit à Nole, dans le royaume de Naples, en 1548 (2).

C'est une erreur typographique, sans doute, qui fait naître Marc-Antoine de Dominis en 1566 ; les dictionnaires biographiques donnent 1560. Plus loin, une transposition de chiffres fait mourir Halley 18 ans

(1) *Revue de l'inst. pub. en Belgique*, t. XX, p. 54.

(2) *Vita di Giordano Bruno da Nola*, scritta da Domenico Berti, Firenze, 1868.

trop tôt ; c'est 1742 qu'il faut lire au lieu de 1724. C'est encore par une erreur typographique que l'on renvoie, à la page 800, au volume XIII de la *Revue des questions scientifiques*, au lieu de renvoyer au volume VIII, pour l'article du P. Van Tricht, *Les théories d'Arago et de Montigny sur la scintillation des étoiles.*

A l'article Foucault, on fait suivre ce titre *Recueil des travaux scientifiques de (Léon) Foucault*, de ces mots « par J. Bertrand. » Ce recueil a été publié par madame veuve Foucault, mère du physicien, et mis en ordre par C. M. Gariel. Il contient, il est vrai, une note très courte de M. J. Bertrand sur les œuvres de L. Foucault. Est-ce à cette note que la *Bibliographie générale* fait allusion ? Mais alors, pourquoi ne rappelle-t-elle pas qu'en tête du volume des planches de ce même recueil, se trouve une longue notice historique *sur la vie et les travaux de Léon Foucault*, par M. Lissajous? Cette notice, lue en 1869 à la séance annuelle de la Société des Amis des sciences, aura échappé.

Pour ce qui regarde les astronomes jésuites, la *Bibliographie générale* renvoie à la première édition de la *Bibliothèque des écrivains de la compagnie de Jésus*, des PP. de Backer. Il eût été préférable de citer la seconde édition plus facile à manier et surtout beaucoup plus complète. Il est vrai que cette seconde édition est très rare, elle n'a été tirée qu'à deux cents exemplaires.

Nous avons rapproché plusieurs des paragraphes consacrés à l'astronomie physique des articles bibliographiques correspondants, insérés dans les *Œuvres* de Verdet. Ces derniers articles et les citations de la *Bibliographie générale* se complètent mutuellement, tout en se rencontrant évidemment en bien des points. Çà et là les indications de Verdet et celles de la *Bibliographie générale* touchant le même travail ne sont pas d'accord de tous points ; nous n'avons pas vérifié de quel côté pouvait être l'erreur. Plusieurs des mémoires et des articles enregistrés dans Verdet intéressent plus le physicien que l'astronome, et, par conséquent, on conçoit très bien que leurs titres ne se trouvent pas signalés dans la *Bibliographie générale.* Toutefois ces mémoires peuvent renfermer des renseignements utiles à ceux qui s'occupent d'astronomie physique, et, dès lors, nous croyons qu'il n'eût pas été superflu de signaler l'existence, dans les œuvres de Verdet, de catalogues spéciaux tels que ceux-ci, par exemple : Bibliographie de la diffusion, bibliographie de la diffraction, bibliographie de la propagation de la lumière, etc.

Les astronomes se féliciteront certainement de la publication de la *Bibliographie générale.* Cet inventaire des richesses de l'astronomie est, croyons-nous, aussi exact, aussi complet que peut l'être le premier jet d'une œuvre de cette nature. Il sera entre les mains de tous ceux qui s'occupent d'astronomie, à quelque titre que ce soit, un gagne-temps précieux, un guide sûr qui leur indiquera les chemins battus, et les

renseignera sur les progrès accomplis ; il sera enfin, pour les savants laborieux qui l'ont dressé, un héritage légué à la postérité ; car on peut dire de la *Bibliographie générale*, avec plus de vérité que Pline ne le disait du catalogue d'Hipparque : *Cœlum posteris in hereditatem relictum.*

J. T.

IV

La Religion en face de la Science. *Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes,* par l'abbé Alexis Arduin, Docteur en théologie, ancien élève du Collège Romain. — *Première partie* : Cosmogonie, *troisième édition* revue et complétée. — 1881. Lyon, Vitte et Perrussel, — Paris, Jules Vic. In-8° de viii—675 pp. Prix : 7 fr.

Nous avons rendu compte de la première édition de cette Cosmogonie ici même, dans la livraison d'octobre 1878. Cette première édition porte le millésime de 1877. Nous voici, en 1881, à la troisième. Il n'a donc pas fallu plus de quatre ans pour enlever deux éditions de cet important travail. Il y a là un véritable succès.

L'édition actuelle, augmentée, accrue un peu partout, entièrement remaniée et refondue dans sa plus grande partie, est sur bien des points un ouvrage nouveau ; et là où l'auteur n'a pas innové, il a modifié avantageusement l'ordre et l'agencement des parties de son œuvre. Ces circonstances, jointes au mérite intrinsèque du travail, nous paraissent des raisons suffisantes pour en parler de nouveau aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques.*

Il n'est pas trop habituel que le premier tome d'un ouvrage en soit déjà à sa troisième édition avant la publication du dernier. Ici, sur quatre ou cinq volumes que doit comprendre la *Religion en face de la Science*, deux seulement ont vu le jour : le premier sous le titre de *Première partie*, dont la 3e édition va nous oocuper ; et, de la *Seconde partie*, qui se partage en deux tomes, un volume seulement, dont il a été rendu compte dans le numéro d'octobre 1879 de cette Revue. — Il est vrai que chacune de ces trois parties, *Cosmogonie*, *Géologie et géogénie*, *Anthropologie*, forme un tout distinct et complet par lui-même, et cela explique dans une certaine mesure l'empressement avec lequel le public

a accueilli le volume représentant le premier terme de cette trilogie : il y trouvait le principe et les données fondamentales de cette grave et palpitante question de notre temps : l'accord absolu, indéniable, des vérités révélées avec toutes les données certaines ou plausibles de la science humaine.

L'auteur dit dans sa préface, qu'il aurait pu intituler son œuvre : *Étude comparée de philosophie religieuse et de philosophie scientifique.* Cela est assurément vrai pour la *Cosmogonie* qui contient sur la nature de Dieu, sur les différents systèmes philosophiques, sur la nature de la matière, sur les mystères, sur le pondérable et l'impondérable, sur la force et le mouvement, une foule de dissertations et d'exposés qui sont avant tout du domaine de la philosophie, voire parfois de celui de la théologie.

Essayons d'analyser ce volume compact qui, de 516 pages que contenait la première édition, en est arrivé a 675, et de quinze à dix-sept leçons, nonobstant diverses coupures et suppressions dans le texte primitif.

Après avoir exposé le but et l'objet de son travail et donné, d'après la Vulgate, le texte du premier chapitre de la Genèse, — simple récit historique, mais qui touche incidemment à toutes les questions dont s'occupent les sciences modernes, — l'auteur retrace à grands traits et réfute les différents systèmes, réputés philosophiques, relatifs à l'origine de la matière : athéisme, matérialisme, dualisme, variétés diverses du panthéisme et du naturalisme. Puis il retrace les idées, sur la véritable nature de Dieu, des hommes de génie qui ont le plus honoré l'humanité (depuis Socrate, Platon et Aristote, jusqu'aux Newton, aux Leibnitz, aux Descartes, aux Malebranche), esquisse les traits essentiels de la théodicée chrétienne, montrant qu'ils sont tous affirmés en principe dès le début du récit de Moïse. Les notions chrétiennes sur l'essence divine amènent naturellement à aborder la question des mystères, à mettre en parallèle avec les mystères de la foi les mystères de la science, à faire ressortir la possibilité, la vraisemblance, la nécessité des mystères, leur innocuité absolue relativement à la marche, au libre développement et aux progrès de la science humaine, mieux encore le secours que leur étude pouvait apporter à cette science en lui montrant un certain nombre de limites fixes et certaines entre le champ de l'erreur et le domaine de la vérité.

Aucun des systèmes de l'antiquité païenne n'offrant de réponse satisfaisante à la question de l'origine de la matière, il faut bien en venir à Moïse qui seul donne une solution nette, précise, formelle. La matière vient de Dieu, non par émanation ou extension, mais par création *ex nihilo*. La création, dans son sens originaire et absolu, c'est l'acte par lequel du néant, du non-être, est tirée la *substance* (quod *sub stat*), c'est-

à-dire ce qui existe sous les apparences, sous la forme accidentelle et peut n'être pas accessible aux sens. Dieu a donc, à l'origine, au commencement, *in principio*, créé la substance universelle, amas pour ainsi dire infini comprenant, dans un mélange vague et indéfinissable, l'impondérable, l'éther (*cœlum*) et le pondérable (*terram*), à l'état, ce dernier du moins, d'atomes isolés les uns des autres, sans lien, sans relations entre eux, sans mouvement. Si, à ces deux éléments, l'*impondérable* et le *pondérable*, il en est appliqué un troisième, la *force*, on a tout ce qui est nécessaire, en l'état actuel de la science, pour expliquer le développement graduel de tout l'ensemble des phénomènes qui ont amené l'univers matériel au point où nous le voyons. L'auteur retrace, à ce sujet, en un langage essentiellement vulgarisateur et intelligible à tous, les théories aujourd'hui admises sur ces trois éléments constitutifs du monde des corps, et en complète la notion en donnant successivement l'explication ancienne des phénomènes naturels par leur division en trois classes — (phénomènes physiques, chimiques, astronomiques), et leur explication par la théorie *dynamique* qui est la théorie nouvelle.

Mais, les sciences expérimentales bornant leurs recherches à l'étude des phénomènes naturels, il appartient à la philosophie de chercher à atteindre les causes de ces phénomènes et la nature intime de la substance qui en est le siège. Ici, selon notre auteur, quatre systèmes sont en présence : 1° l'*atomisme mécanique*, perfectionnement de l'atomisme antique de Leucippe, de Démocrite et d'Épicure, et adopté par la plupart des savants athées et matérialistes de notre temps, bien que des savants et des philosophes éminemment spiritualistes l'aient adopté, au moins dans une certaine mesure (Gassendi, Descartes, Newton) ; 2° le *dynamisme pur* qui est la théorie de Boscovich cherchant à concilier l'atomisme de Newton avec le système des monades de Leibnitz, théorie peu comprise alors mais reprise aujourd'hui par beaucoup de savants et trop bien développée dans ce recueil par le R. P. Carbonnelle pour qu'il y ait lieu de s'y étendre ; 3° l'*atomisme dynamique* appelé aussi *chimique* parce qu'il est généralement adopté par les chimistes, aux besoins scientifiques desquels il suffit : il admet des atomes extrêmement petits, mais étendus, et doués d'affinité et de cohésion; 4° enfin, le *système scolastique* qui réduit tous les êtres matériels à deux éléments inséparables bien que distincts : la *matière première* et la *forme substantielle*. L'auteur, qui ne dissimule pas ses préférences pour ce quatrième système, lui consacre des développements importants, d'abord dans l'*exposé* qui ne comprend pas moins de vingt pages, puis dans l'*appréciation* à laquelle sont consacrées six pages, tandis qu'une seulement lui suffit à combattre chacun des trois premiers.

Cette question considérable de la recherche des causes des phénomènes et de la nature intime de la substance, fait l'objet d'un impor-

tant chapitre (la neuvième leçon), entièrement nouveau, et sur lequel nous aurions à faire certaines réserves ; mais, pour ne pas embarrasser notre analyse, nous les renverrons à la fin de ce compte rendu.

Sachant comment la science et la philosophie comprennent la composition élémentaire des corps et expliquent par la matière et la force tous les phénomènes de l'univers physique, on peut aborder l'explication du premier verset de la Genèse : *Bereshit* BARA *Elohim*, etc., c'est-à-dire : *In principio creavit Deus, etc.* Quel était l'état primitif de la matière quand Elohim l'eut appelée à l'existence ? Après avoir indiqué sommairement les idées exprimées à ce sujet par les Pères grecs et latins, l'auteur expose avec toute l'étendue nécessaire, l'interprétation fondée sur les données de la science actuelle : la matière répartie en deux ordres, l'*impondérable* ou l'éther, qu'il croit devoir considérer, non comme composé d'atomes mais comme une substance continue(1), remplit toute l'immensité des espaces au travers desquels il vibre incessamment ; le *pondérable*, composé d'atomes discontinus mais plongés au sein de l'éther, constitue la matière proprement dite. Toute cette masse, d'où l'univers entier devait sortir, fut, par un acte instantané de l'omnipotence divine, appelée du non-être à l'être. Elle était alors à l'état informe et chaotique ; l'immobilité, le froid, l'obscurité absolue y régnaient sans partage : les atomes pondérables dispersés dans l'éther continu étaient inertes, immobiles, sans force, partant sans action d'aucune sorte : *terra autem erat inanis et vacua et tenebræ erant super faciem abyssi*. C'était bien le chaos, et M. l'abbé Arduin l'interprète ainsi : «Une immobilité silencieuse régnait dans l'immensité invisible. » La matière existait, mais elle était encore à l'état « adynamique. »

Avant de passer à l'interprétation de la seconde partie du deuxième verset (*Et spiritus Dei ferebatur super aquas*), il était nécessaire de faire connaître les données aujourd'hui admises dans la science sur la quantité et la constance de l'énergie répandue dans l'univers matériel, et c'est là, avec l'opinion des plus illustres génies de l'humanité savante sur l'origine de la force, l'objet de la première et nouvelle partie d'un chapitre dont la seconde est consacrée à examiner la même question au point de vue des données de la Bible.

Appuyé sur l'opinion exprimée par saint Augustin, saint Thomas, saint Grégoire de Nysse et d'autres docteurs, en même temps que sur les connaissances aujourd'hui acquises, le savant écrivain assimile les eaux, *aquas*, du deuxième verset de la Genèse, à l'abîme de matière invisible et informe dont il est parlé dans la première partie de ce même verset. Quant au *Spiritus Dei*, sans doute, au sens spirituel, il s'applique au

(1) Nous verrons plus loin ce que, à notre avis du moins, il faut penser de cette hypothèse.

Saint-Esprit ; mais au sens normal, matériel, on doit le prendre pour un *souffle puissant* (*spiritus*, en hébreu *rouah*, ayant pour signification, *vent*, souffle provenant de l'action de respirer, et l'expression *Dei*, de Dieu, pouvant se prendre métaphoriquement pour exprimer, comme en maints autres endroits de l'Ancien Testament, la puissance, la force énergique et calme). La seconde partie du deuxième verset signifie donc qu'un souffle puissant, c'est-à-dire une énergie potentielle immense, une sorte de *tension* énorme animait, sans aucune manifestation sensible, sous l'influence de l'action de la troisième personne de la Trinité divine, la masse informe de la matière primordiale.

Finalement le second verset de la Bible peut dans son ensemble, suivant notre auteur, se traduire ainsi :

« Or la matière pondérable et la matière impondérable étaient confondues pêle-mêle et répandues dans l'espace tout entier. Aucun mouvement ne se manifestait dans cette masse absolument noire et absolument froide. Seulement une force prodigieuse était déposée dans ce chaos et un travail imperceptible s'opérait dans cette masse, sous l'action fécondante de l'Esprit de Dieu. »

Nous arrivons au premier des six jours de l'hexaméron qui s'ouvre par cette merveilleuse et féconde parole, la première que Dieu ait émise en dehors de lui-même : *Sit lux !*

Le Verbe a commandé : Soit la lumière !...

Et la lumière fut, nous explique Moïse. La lumière, c'est-à-dire la clarté, la chaleur et, par-dessus tout, le mouvement dont la lumière et la chaleur ne sont que des manifestations et des formes ; le mouvement avec tous ses effets. Par cet ordre, cet acte omnipotent mais distinct de l'acte créateur, l'immense énergie communiquée par l'Esprit de Dieu à la masse chaotique commence à entrer en acte, à se former en nébuleuse, la nébuleuse génératrice et mère de toutes les nébuleuses dont se sont formés successivement et se forment encore les mondes qui remplissent l'espace infini. Le premier acte divin, l'acte créateur par excellence avait nécessité la puissance infinie de Dieu, mais seulement sa puissance; celui-ci implique sa science infinie, la science du nombre inénarrable des atomes contenus dans l'éther immense, et celle de toutes les combinaisons possibles de ces myriades d'atomes mises en mouvement, afin de diriger ce mouvement de manière à ne lui faire produire que des combinaisons ordonnées, prévues et réalisant l'ordre admirable qui règne dans l'infinité des mondes sidéraux.

Nous ne suivrons pas ici l'auteur dans le développement, que du reste le lecteur devine, de ces magnifiques pensées. Disons seulement que le savant écrivain leur compare toujours les opinions exprimées

autrefois par les Pères et les docteurs de l'Église sur ces mêmes questions, et fait ressortir la confirmation indirecte mais vraiment étonnante, si l'on se reporte à l'état peu avancé, profondément erroné même, des sciences cosmologiques aux temps où ils vivaient, que ces mêmes opinions apportent fréquemment aux interprétations fondées sur l'état actuel des connaissances. Et de tout cela résulte la plus entière, la plus magnifique réfutation, disons le mot quoiqu'il soit familier, le plus complet aplatissement des thèses de prétendue hostilité entre la science et la Bible soutenues par les Draper, les Tyndall, les Büchner et autres savants également incompétents.

Les lois de la nature et leur fonctionnement exposés d'après les théories matérialistes et d'après les données de la saine raison, le gouvernement de l'uuivers par la Providence au moyen de ces lois, la part d'action que l'homme possède sur elle et l'action exceptionnelle que Dieu s'y est réservée par le miracle, fournissent la matière de considérations très importantes amenées tout naturellement par le sujet même.

Après avoir, à l'occasion du *Sit lux*, exposé dans tous ses détails et avec les extensions logiques qu'elle comporte, la théorie de Laplace en ce qui concerne les mondes stellaires, notre système solaire excepté; après en avoir tiré une explication parfaitement appropriée de la séparation des ténèbres d'avec la lumière (4e verset), ainsi que de leurs dénominations désignées par Dieu même, — l'auteur entre dans une discussion approfondie sur l'interprétation des mots *jour*, *nuit*, *soir*, *matin;* il résume les différents systèmes qui ont été tour à tour admis, proposés, rejetés; et enfin il se range au seul système rationnel et qui coupe court à toutes difficultés, au système des jours-périodes déjà admis par plusieurs Pères dès les premiers siècles de l'Église, alors qu'il n'existait encore aucune des considérations décisives qui militent aujourd'hui en faveur de cette interprétation.

Bien que la présente analyse nous ait conduit aux cinq sixièmes du volume qui en fait l'objet, nous n'avons pas encore dépassé le 5e verset de la Genèse avec lequel se clôt le premier des jours-périodes de l'hexaméron. Il nous reste à parler du deuxième de ces jours qui termine la portion de l'œuvre créatrice désignée par notre auteur sous le nom de Cosmogonie. Ici la théorie de Laplace reparaît, appliquée à la formation de notre système planétaire, et la séparation des *eaux* supérieures d'avec les *eaux* inférieures, constituant le firmament (RAKIAH, *expansio* ou *extensio*), résulte de la formation, aux dépens de la nébuleuse solaire, de l'anneau cosmique, origine du sphéroïde terrestre : cet anneau se séparant de la masse nébulaire qui continue à se contracter, un espace vide s'étend entre deux ; puis l'anneau se brise et se pelotonne en boule ; un espace de plus en plus grand le sépare du noyau générateur, voilà bien le firmament, l'espace étendu, *expansum*, RAKIAH. Mais nébuleuse

centrale et anneau ne sont, au moment de leur séparation, que deux masses gazéiformes, deux amas de matière essentiellement fluides ; et de même que, faute d'un terme technique qui n'existait pas en hébreu pour exprimer la matière à l'état chaotique, Moïse avait déjà employé le mot *eaux*, de même et à plus forte raison se sert-il de la même locution pour désigner la matière subtile, prodigieusement raréfiée encore, mais déjà en voie d'organisation progressive, dont se composaient les deux nébuleuses : nébuleuse solaire (eaux qui sont au-dessus, en haut du firmament, du ciel), nébuleuse terrestre (eaux qui sont au-dessous).

Cette interprétation ingénieuse et que M. l'abbé Arduin est, croyons-nous, le premier à proposer, n'est pas arbitraire. Il montre qu'elle est la seule qui fasse disparaître certaines difficultés philologiques et étymologiques sur les mots que nous traduisons par ciel et eaux.

Ayant ainsi épuisé son sujet, ou du moins la partie de son sujet affectée au premier volume, l'auteur complète ce dernier par une revue rapide des diverses cosmogonies païennes (chinoise, perse, indiennes, phénicienne, chaldéenne, etc.) dans chacune desquelles on retrouve des traces, plus ou moins défigurées mais évidentes, de la cosmogouie mosaïque. Plusieurs d'entre elles se trouvent même en harmonie avec les interprétations admises par l'écrivain.

Tel est ce livre. Ajoutons que l'exécution typographique, la netteté des caractères, l'ampleur des marges et l'élégance du papier font honneur aux éditeurs de province (MM. Vitte et Perrussel, de Lyon) qui se sont chargés de sa publication.

Si notre analyse a été fidèle, on voit que ce volume contient plus, beaucoup plus qu'il ne promet, bien que toutes les matières dont il s'occupe convergent vers son objet essentiel. L'exposé et la discussion des divers systèmes sur la constitution élémentaire de la matière, autrement dit de l'univers, nous a paru, nous l'avons dit, pouvoir donner lieu à quelques réserves. C'est là ce dont il nous reste à nous occuper.

(*A suivre.*)

J. D'E.

V

Harmonia entre la ciencia y la fe, ensayo escrito por el P. Miguel Mir de la Compañia de Jesus — Madrid, Manuel Tello, 1881.

La vulgarisation scientifique a pris de nos jours un développement considérable qui formera, croyons-nous, dans l'histoire, un des traits les plus caractéristiques du siècle où nous vivons. Notre langue elle-même en gardera des traces ineffaçables, et déjà l'Académie française, dans la dernière édition de son dictionnaire, a conféré le droit de cité aux trois mots *vulgariser*, *vulgarisation*, *vulgarisateur*, que ne connaissaient pas les éditions précédentes. Nous ne sommes pas de ceux qui s'en plaignent; car notre *Revue des questions scientifiques* trouve, dans ce besoin de notre époque, sa raison d'être et l'explication de son succès. Mais il nous sera bien permis de signaler une lacune dans les œuvres qu'il a fait naître, d'indiquer aux vulgarisateurs une direction qu'ils ont négligée, d'attirer l'attention des écrivains et des lecteurs sur des connaissances importantes qu'on a oublié de vulgariser, bien que les esprits les plus cultivés aient souvent l'occasion de le regretter. Nous voulons parler de la théologie, et même aussi de la philosophie.

Vulgariser la théologie! Il semble d'abord que rien ne soit plus ordinaire. Que sont, en effet, les innombrables catéchismes publiés dans toutes les langues humaines, sinon un exposé élémentaire des principales conclusions de la théologie? N'y trouve-t-on pas, sous une forme claire, exacte, autorisée, tout ce que le commun des mortels doit connaître de la religion? Sans doute, et nous ajoutons même que les écrivains et les orateurs irréligieux qui insultent aujourd'hui le catéchisme diraient beaucoup moins de sottises s'ils connaissaient ce petit livre aussi bien que le commun des mortels. Mais ce n'est là qu'un premier degré; la classe des lecteurs sérieux, qui demandent à la vulgarisation scientifique autre chose que des conférences de physique amusante, éprouve souvent le besoin d'une instruction religieuse plus approfondie, d'explications et de démonstrations qui ne peuvent trouver place dans les petits livres écrits pour tout le monde. Prenons pour exemple une des questions traitées dans l'ouvrage que nous annonçons en tête de cet article.

Tout chrétien sait pratiquement ce que c'est qu'un acte de foi, car il doit poser de pareils actes pour être chrétien. Mais le sait-il théoriquement? Pour beaucoup, pour la plupart, il en est de ces actes moraux et intellectuels comme des mouvements volontaires de leurs membres. On

sait les vouloir, on sait les exécuter ; on ne saurait les décrire, les analyser, en faire la théorie. Combien de vérités différentes faut-il reconnaître pour un seul acte de foi ? Quels en sont les éléments essentiels ? Tout y est-il surnaturel et dû à la grâce? Tout y est-il naturel et dû aux forces de la raison ? Quelle part faut-il y faire à chacune de ces deux sources de notre activité, la nature et la grâce? Qu'est-ce qui en constitue le mérite et en fait un acte de vertu ? Nous croyons que bien des savants, capables de distinguer nettement dans nos mouvements volontaires la période cérébrale, la période nerveuse et la période musculaire, ne sauraient trop que répondre aux questions qui précèdent. Et cependant, pour tout homme qui réfléchit, l'acte de foi est un phénomène moral d'une souveraine importance, qui mérite d'attirer son attention à plus juste titre que les phénomènes matériels du mouvement volontaire. Et puisque les hommes instruits qui ne sont pas physiologistes veulent aujourd'hui que d'habiles vulgarisateurs les renseignent sur les mystères de la vie naturelle de leur corps, ne doivent-ils pas désirer *à fortiori*, s'ils ne sont pas théologiens, que l'on vulgarise pour eux les mystères de la vie surnaturelle de leur âme ?

Le besoin d'approfondir de pareilles questions a toujours existé. C'est pour le satisfaire qu'autrefois beaucoup de savants, d'historiens, de littérateurs se décidaient à étudier les in-folio des théologiens. Mais aujourd'hui, dans le tourbillon rapide et absorbant d'études plus spécialisées, ils n'en trouveraient plus le temps; il faut donc que, dans le domaine théologique comme partout ailleurs, des écrivains de talent condescendent à vulgariser, pour les autres hommes d'étude, ce qu'ils ont eux-mêmes approfondi. C'est un devoir qui s'impose; remercions les trop rares écrivains qui le comprennent et qui s'y consacrent, et sachons profiter de leur dévouement.

Au premier rang de ces nobles travailleurs nous devons placer l'auteur du beau livre : *Harmonía entre la ciencia y la fe*. Le P. Mir est un théologien et un philosophe qui a beaucoup lu, mais qui a aussi beaucoup réfléchi; on s'en aperçoit à chaque page. On sent qu'il a étudié surtout pour lui-même, et c'est ce qui le rend si propre à enseigner aux autres ; on sent que l'âme de ses études a toujours été le pur amour de la vérité, jamais l'esprit de système, et c'est pour cela que sa conviction passe aisément dans l'esprit du lecteur. Ce sont les grands hommes de la scolastique qui lui ont appris la nature de la science et la nature de la foi. Or, dans de pareilles questions, évidemment indépendantes de l'expérience des laboratoires, ces maîtres n'ont pas vieilli, ils sont toujours nos maîtres; et l'on aime à les suivre sur les pas du P. Mir qui les connaît si bien. Il aime à imiter ces grands modèles, mais de la bonne manière, et ne croit pas qu'il faille, pour avoir le droit de se dire leur disciple, rebuter le lecteur en ne lui présentant que des

abstractions puériles, revêtues de formes barbares. Tout plein de son sujet, riche de vues personnelles et armé des arguments les plus solides, il nous expose leur pensée dans un magnifique langage, il nous entraîne à leur suite, et nous nous sentons sous l'empire d'un puissant écrivain. Pour notre part, il faut bien l'avouer, nous ne connaissons de l'espagnol que tout juste ce qu'il faut pour lire un pareil livre sans trop de distractions; et pourtant, en le lisant, nous devinions que nous avions affaire à un maître de la langue. Aussi nous avons été heureux de trouver ensuite, dans les revues et les journaux espagnols, les éloges enthousiastes que lui adressaient sur ce point les critiques les plus compétents, notamment M. Menendez Pelayo dans la *Rivista de Madrid*, et M. F. N. Villoslada dans la *Ilustracion católica*.

Il serait peu utile de traduire ici ces éloges, mais il nous sera bien permis d'émettre un vœu. Évidemment ce beau livre sera bientôt publié en français. Puisse la plume qui se chargera de le traduire être assez habile pour conserver, autant que possible, à la traduction ce mérite éclatant de l'original.

Nous avons essayé de résumer en quelques paragraphes les parties les plus importantes et les plus originales; mais en relisant ce résumé, il nous semble que nous aurions tort de le publier. Il est des œuvres dont on ne peut donner qu'une idée fort peu exacte en les résumant, parce qu'on ne peut alors en accuser la largeur des vues, ni la vigueur de l'argumentation, ni les multiples connexions des diverses parties. Nous nous contenterons d'indiquer les principaux sujets traités par le P. Mir, en traduisant les titres qu'il a donnés à ses chapitres.

Introduction.

I. La science dans l'intelligence.
II. La science dans l'histoire.
III. Limites de la science.
IV. Fin de la science et nécessité de la foi.
V. Nature de la foi.
VI. Comparaison entre la science et la foi.
VII. Influence mutuelle de la science et de la foi.
VIII. Union de la science et de la foi.
IX. Origine des conflits entre la science et la foi.
X. Difficultés générales.
XI. Objections philosophiques. — La nature divine.
XII. Objections philosophiques. — La matière et l'esprit.
XIII. Objections philosophiques. — Les lois de l'univers.
XIV. Objections scientifiques. — La création et l'œuvre des six jours.

XV. Objections scientifiques. — Évolution des espèces. Origine de l'homme. Son état primitif. La chronologie biblique. Le déluge universel.

XVI. Objections scientifiques. — La figure de la terre. Son immobilité. La terre comparée aux corps célestes. Gouvernement de la Providence.

XVII. Objections historiques.

XVIII. Autorités.

Conclusion.

La première moitié du volume est spécialement consacrée à cette vulgarisation philosophique et théologique dont nous parlions tout à l'heure. On remarquera le chapitre IX dont le titre rappelle un ouvrage qui a fait quelque bruit il y a cinq ou six ans. Nous voulons parler du livre du professeur américain Draper, intitulé : *Les Conflits de la science et de la religion*, dont notre Revue a publié, en janvier 1877, une excellente réfutation écrite par le R. P. De Smedt. Quoique dépourvu de toute valeur, scientifique, historique ou littéraire, ce livre a été regardé comme une bonne fortune par les ennemis du christianisme, qui se sont efforcés de le répandre et l'ont traduit en plusieurs langues. Cette propagande nous a valu un assez bon nombre de réfutations dont plusieurs sont fort bien faites; et c'est précisément une traduction espagnole de ces pauvres *Conflits* qui a été pour le P. Mir l'occasion d'écrire son *Harmonía*. Ainsi s'explique la série des objections qu'il expose et réfute dans ses derniers chapitres. Sa réfutation est écrite de main de maître, et elle sera encore utile quand la libre pensée sera parvenue à composer un ouvrage plus sérieux que celui de M. Draper. Mais nous le félicitons surtout d'en avoir élargi le cadre, en commençant par vulgariser des principes trop peu connus. C'est par là principalement que son œuvre est originale, et qu'il nous donne un exemple bon à imiter.

I. Carbonnelle, S. J.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE.

—

Sur les dépôts quaternaires dans la vallée de la Seugne (1). —On se souvient des communications adressées à la *Revue* par M. d'Acy, à propos de la classification quaternaire et des opinions contradictoires qui ont cours à ce sujet (2). Une école archéologique, dont M. de Mortillet est le chef, subdivise le quaternaire antérieur à l'âge du Renne en deux périodes. L'une, la plus ancienne, correspondrait à l'époque acheuléenne ou chelléenne de M. de Mortillet ; l'autre, la plus récente au moustérien du même auteur. M. d'Acy a combattu ce système et réfuté, entre autres, les conclusions que M. Maufras avait cru pouvoir tirer, en faveur de cette doctrine, de l'étude des alluvions quaternaires de la vallée de la Seugne.

M. Maufras a répondu à M. d'Acy en publiant dans le dernier bulletin paru de la Société d'anthropologie de Paris, un nouveau mémoire sur les alluvions de la Seugne.

Ce travail fait connaître des observations fort intéressantes ; mais il ne résout pas, à mon avis, la question de classification.

Prenons acte d'abord des déclarations de M. Maufras relatives à la dis-

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.* t. 3 ; 3e série ; p. 536.
(2) Voir les livraisons d'avril et d'octobre 1880.

position des gisements qu'il a si bien observés : « Je ne crois pas, dit-il, que l'on puisse regarder les différentes couches qui composent les dépôts sableux en question, comme stratifiées à proprement parler. Elles ne sont ni régulières ni continues et distinctes comme les sédiments véritables. L'inégalité de leur épaisseur, la différence des niveaux auxquels on les trouve, tout indique que ces graviers doivent leur existence à des eaux dont le volume et le pouvoir de transport ont dû subir de grandes variations. Rien n'est plus capricieux que la marche des eaux. Sous l'influence de mille causes, qui souvent nous échappent, chaque débordement d'un fleuve produira des effets différents. »

Après cette déclaration, qui est parfaitement correcte, on conçoit quelle réserve s'impose à l'observateur cherchant à relier stratigraphiquement entre eux des lambeaux d'alluvions épars sur les flancs d'une vallée, comme c'est le cas pour la vallée de la Seugne.

Les géologues ont un criterium que rien ne remplace et qui est fourni par la paléontologie.

Aussi M. Maufras reconnaît-il que, « pour classer ces graviers, il faut surtout s'appuyer sur les fossiles qu'ils renferment, ossements, silex, coquilles, etc. »

Mais il avoue que cette source d'informations lui a fait défaut : « Nous n'avons encore pu recueillir que de très rares et faibles traces des faunes contemporaines des industries quaternaires représentées, par contre, par d'innombrables débris. Nous sommes donc privés d'un élément de classification très important en pareille matière. »

Les faits observés suffisent-ils pour se passer de cet élément si important de classification ? C'est ce que nous allons examiner.

Rappelons d'abord qu'il s'agit de dépôts de graviers isolés, disséminés principalement sur la rive droite de la vallée de la Seugne.

A Mosnac, les haches acheuléennes sont rares ; on y trouve principalement des couteaux, des pointes moustériennes et des lames de toutes sortes.

A Pinthiers, il y a deux couches différentes : la couche inférieure est caractérisée, d'après M. Maufras, par d'abondantes haches acheuléennes, associées à des nucléi et à des éclats. La couche supérieure renferme la hache acheuléenne en petit nombre, tandis que les pointes moustériennes y dominent.

A Marjolance, le dépôt offre les caractères de la couche inférieure de Pinthiers

A Bougnaud les pointes moustériennes font absolument défaut. On n'y voit que la hache acheuléenne.

D'anciennes exploitations près de Brives, Rouffiac et Salignac, paraissent révéler encore la présence exclusive de l'industrie dite acheuléenne.

Les deux industries constatées dans ces différents gisements sont-elles contemporaines ou d'âge différent? Telle est la question que se pose, comme nous, M. Maufras. « En l'absence de tout ossement, nous pourrions, dit-il, être embarrassés pour y répondre, si nous n'avions pour nous éclairer les belles études faites par M. de Mortillet et autres savants sur les graviers similaires du Nord. Or ces savants nous apprennent qu'avec la faune plus ancienne, ils ont trouvé le type chelléen pur, tandis qu'avec la faune moins ancienne ils ont rencontré ce type mélangé au moustérien. »

C'est précisément là le point en litige, M. Maufras établit ses conclusions d'après les idées de M. de Mortillet, mais il n'apporte pas de nouvelles preuves à l'appui.

En résumé, dans la vallée de la Seugne, la hache acheuléenne apparaît à tous les niveaux. Elle semble prédominer à la base du gisement de Pinthiers, tandis que l'industrie moustérienne serait prépondérante au sommet. Mais puisque en définitive, de l'avis même de M. Maufras, les dépôts de la vallée de la Seugne ne sont pas stratifiés, à proprement parler, il serait bien difficile d'admettre comme démontrée la succession régulière de deux industries différentes et d'âge différent.

Voilà la conclusion logique.

M. Maufras pense autrement : « Dans les dépôts quaternaires le chelléen, dit-il, apparaît d'abord tout seul ; puis peu à peu il se mêle à du moustérien, enfin il finit par disparaître et le moustérien règne en maître.

» C'est là l'ordre chronologique basé sur l'observation des faits et c'est, en même temps, l'ordre logique. Un type apparaît, règne un instant, puis peu à peu disparaît pour faire place à un autre. Ainsi le veut la loi du progrès. »

Cette prétendue loi du progrès pourrait bien être tout simplement, dans le cas qui nous occupe, la doctrine particulière d'une école. Je ne prétends pas lui faire d'opposition systématique, mais on me permettra d'attendre, pour lui soumettre mon jugement, que les faits et une logique rigoureuse lui donnent l'autorité qui lui manque encore.

Sur quelques explorations aux carrières de Chelles(1). — Les ballastières de Chelles et les observations faites par M. Chouquet dans ce curieux gisement sont déjà connues des lecteurs de la *Revue* (2). Un savant et actif explorateur, M. Ameghino, a publié de nouvelles recherches sur cet important gisement quaternaire, qui a servi de type

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. 3, 2e sér., p. 638.
(2) Voir la livraison d'octobre 1880, p. 455.

à M. de Mortillet, depuis qu'il a substitué la dénomination de chelléen à celle d'acheuléen, pour distinguer la plus ancienne période de l'industrie humaine quaternaire.

On sait qu'à Chelles se sont rencontrées de nombreuses haches du type de Saint-Acheul, associées à une faune très ancienne, plus ancienne que celle de Saint-Acheul et caractérisée notamment par le Rhinoceros Merckii et le Trogontherium Cuvieri. On n'y a trouvé jusqu'à présent ni le mammouth ni le renne, c'est-à-dire aucun représentant de la faune dite boréale.

On avait pensé que la hachette de Saint-Acheul régnait exclusivement dans les graviers de Chelles.

Mais M. Ameghino a cru y reconnaître plusieurs niveaux archéologiques. A la base, un sable gris, souvent aggloméré par des dépôts calcaires, qui est le gisement des hachettes et des ossements. Plus haut un cailloutis, renfermant des lames et des hachettes d'un type voisin du précédent ; puis une couche de sable caractérisée par des racloirs et des pointes du type moustérien. Enfin, par-dessus, la terre végétale, qui recèle des débris de l'époque néolithique, et des sépultures.

Je crois savoir que, depuis la lecture de son mémoire à la Société d'anthropologie, M. Ameghino a recueilli dans le sable inférieur des silex travaillés, grattoirs et racloirs, représentant l'industrie moustérienne. L'acheuléen ou le chelléen ne regnerait donc pas plus exclusivement à ce niveau que dans les niveaux supérieurs. On serait seulement autorisé à dire que la hachette acheuléenne paraît y être plus abondante.

Ainsi il n'y aurait pas un type acheuléen absolument tranché et pur de tout mélange, comme le voudrait.... la loi du progrès.

Reste la question de contemporanéité des silex et de la faune associée. M. Ameghino a constaté que les différentes couches de sa coupe se ravinent les unes les autres, ce qui doit imposer une très grande circonspection. Les silex peuvent avoir été introduits postérieurement, par suite de remaniements à une époque géologique relativement peu ancienne.

Comme la faune fait à peu près défaut dans les couches supérieures, il est difficile de les dater géologiquement, par rapport aux couches inférieures.

Enfin je ferai remarquer qu'il ne faudrait pas se hâter de tirer des conclusions de l'absence du mammouth et du renne, c'est-à-dire des représentants de la faune dite boréale, dans les sables à ossements. En effet, le mammouth et le renne se trouvent déjà associés au Rhinoceros Merckii et au Trogontherium Cuvieri dans le Forest-bed du Norfolk. Il n'y a aucune raison pour qu'ils ne se retrouvent pas aussi à Chelles et leur

absence peut être due à des causes purement accidentelles. C'est une lacune qui pourra se combler d'un jour à l'autre.

Je répéterai en terminant ce que j'ai déjà écrit à propos de Chelles. C'est un point très curieux, très intéressant, très digne d'attirer l'attention ; mais qui n'a pas dit son dernier mot.

Les sépultures de Solutré (1). — M. Émile Cartailhac consacre dans les *Matériaux* un article aux sépultures de Solutré considérées au point de vue de leur âge et de leur authenticité. Mon savant confrère ne croit pas à la réalité des sépultures quaternaires. « J'ai cherché, nous dit-il, sans aucun parti pris, des sépultures quaternaires et je n'en ai pas trouvé. C'est le résultat auquel j'étais parvenu en 1872.... Les fouilles exécutées depuis cette époque dans tous nos départements n'ont fait que confirmer mon ancienne opinion. Parmi tous nos explorateurs si zélés, si heureux, aucun n'a pu nous montrer des tombes antérieures à l'âge de la pierre polie. Toutes les sépultures prétendues quaternaires ont été signalées avant 1872, et quelques-unes très anciennement, lorsque la science n'était pas fixée, lorsque les maîtres eux-mêmes, sans qu'on puisse un seul instant le leur reprocher, confondaient l'âge des gisements. »

Pas plus à Solutré qu'ailleurs, il n'y aurait, d'après M. Cartailhac, de sépulture qu'on puisse rapporter d'une façon certaine à l'âge du Renne.

Les raisons de son doute peuvent se résumer ainsi :

1° L'espace occupé par la station préhistorique de Solutré a servi de cimetière à des époques postérieures. On y a signalé des tombes appartenant aux temps de la pierre polie, Burgondes, Gallo-Romains, etc.

2° Les sépultures se rencontrent à des profondeurs variables depuis la surface du sol jusqu'à la couche à foyers de l'âge du Renne.

3° Il n'est pas étonnant qu'on les trouve associées à des silex et à des ossements qui existent en abondance dans le sous-sol.

4° Il n'y a à Solutré aucun fait de superposition de sépulture, *aucun* exemple de foyer situé au-dessus d'un squelette.

5° Nous sommes certains qu'il y en a de néolithiques, de gallo-romains de mérovingiens. Les autres constituent un *caput mortuum* qu'il sera toujours dangereux d'utiliser dans les statistiques anthropologiques.

J'ai exposé en détail dans cette Revue (2) la question des sépultures de Solutré. Le lecteur voudra bien se reporter à ce que j'ai écrit à ce sujet. Il me suffira de rappeler ici que, sur les trois premiers points, je suis

(1) *Matériaux pour l'histoire primit. de l'homme ;* 2e série, t. XII, p. 223.
(2) Voir la livraison d'avril 1878, pag. 349.

parfaitement d'accord avec M. Cartailhac. Oui, nous avons incontestablement, dans les couches superficielles du sol, des sépultures d'âges très différents caractérisées par des objets associés, tels que poteries, bijoux en bronze, colliers de verroterie ou fragments d'inscriptions. Mais ce que j'ai dit et ce que je soutiens, c'est qu'en réalité nos fouilles nous ont toujours mis en présence de deux groupes très distincts de sépultures, les unes sur foyer, les autres dans le sol ordinaire. Plus d'une fois, depuis l'époque où j'ai exploré ces sépultures, j'ai éprouvé les mêmes doutes que M. Cartailhac, et, voyant que les faits observés à Solutré ne se reproduisaient nulle part ailleurs, je me suis demandé souvent si nous n'avions pas été induits en erreur. Mais, en relisant mes carnets de notes et les impressions que j'enregistrais sous la dictée des faits, je me trouve invinciblement ramené à ma première opinion, corroborée par tout un ensemble d'observations. Il y a un lien manifeste entre une catégorie de tombes et les foyers quaternaires au milieu desquels elles reposent. Si nous n'avons pas trouvé de squelette sous des foyers, il en existait en assez grand nombre dans les foyers pour établir la relation des uns et des autres. Les foyers étaient généralement proportionnés à l'importance du mort. Nous avons trouvé fréquemment des enfants déposés sur de petits foyers en miniature, tandis que les adultes reposaient sur de grands amas de cendres, d'ossements et de silex taillés, rebuts de cuisine et d'habitation. Faut-il supposer qu'à une époque plus ou moins récente, des hommes aient systématiquement creusé le sol jusqu'à la rencontre des foyers, pour y déposer leurs morts ? Cette hypothèse m'est venue à l'esprit, et je n'ai pas été surpris de voir M. Cartailhac la reproduire à son tour. Mais elle n'est point justifiée, attendu que jamais jusqu'à présent les sépultures sur foyer n'ont fourni des objets étrangers à l'âge du Renne, ce qui serait bien étonnant si ces sépultures étaient contemporaines de celles des niveaux supérieurs, où l'on trouve tant de témoins des industries plus récentes.

Certes je ne reprocherai pas à M. Cartailhac ses prudentes réserves, que je conçois fort bien. Je suis trop partisan de la circonspection pour la blâmer chez les autres. Mais, en ce qui me concerne, la question se pose tout autrement. J'ai le droit de dire sincèrement, dussé-je me tromper et abstraction faite de toute idée théorique, mes impressions personnelles en face des faits que j'ai moi-même observés. Or il faudrait des faits nouveaux, contradictoires des premiers, pour m'engager à modifier des impressions recueillies sans aucun parti pris et maintes fois controlées. Je les maintiens donc, quelles que soient les difficultés qu'elles comportent. Elles sont d'ailleurs corroborées par l'étude des ossements eux-mêmes, qui, à côté de types relativement récents, a mis en évidence d'autres types franchement quaternaires, et qui appartiennent précisément aux sépultures sur foyers.

J'ai renoncé depuis longtemps à la théorie des offrandes funéraires et je suis, sur ce point, tout à fait d'accord avec M. Cartailhac. A Solutré je n'ai jamais rien trouvé, autour des squelettes inhumés sur des foyers, qui ne se rencontrât aussi dans les foyers sans sépultures. Il est donc impossible de savoir si des objets ont été réellement déposés intentionnellement aux côtés du mort.

Mais ce qui me paraît résulter indubitablement des fouilles de M. l'abbé Ducrost, comme de celles de M. de Ferry et des miennes, c'est qu'un certain nombre de huttes et de foyers, après avoir servi aux usages domestiques, ont été transformés en foyers funéraires. Je ne sais rien de plus des rites funéraires de nos Solutréens. On trouvera peut-être que ce respect des morts, à une époque si reculée, n'est pas conforme à la loi du progrès. Mais on remarquera que cet usage d'ensevelir au fond de la hutte n'a rien d'exceptionnel. On cite bien des exemples analogues chez les anciens et chez les modernes.

Les squelettes de Bollwiller. — Il s'est fait quelque bruit autour d'une trouvaille d'ossements humains dans le lehm quaternaire du Rhin, à Bollwiller, non loin du lieu où fut recueilli le fameux crâne d'Eguisheim. La Revue d'anthropologie a publié deux mémoires relatifs à cette découverte (1). L'un, de M. Delbos, professeur de géologie à l'École de Nancy, est consacré à l'étude du gisement et conclut que la trouvaille se rapporte au lehm, c'est-à-dire au terrain quaternaire. L'autre de M. le Dr Collignon, chirurgien à l'hôpital de Nancy, a pour objet l'examen méthodique des crânes et des ossements.

D'après M. Collignon, les ossements de Bollwiller appartiendraient à la race de Canstadt, décrite par MM. Hamy et de Quatrefages dans leur livre *Crania ethnica*. S'il en était ainsi, ils compléteraient, comme l'a fait remarquer M. le Dr Topinard, ce que l'on sait de cette race primitive et dépasseraient, comme valeur d'information, tout ce que l'on possédait jusque-là.

Mais M. Topinard a montré, en présentant les pièces originales à la Société d'anthropologie (2), que, très différentes par leurs formes craniennes du type de Canstadt, elles se rapprochent, au contraire, par les particularités que présentent les os longs (fémurs à colonne ; tibias platycnémiques ; péronés cannelés ; cubitus incurvés ; humérus perforé) des races plus récentes de l'âge du Renne et surtout de la pierre polie.

Ce diagnostic est confirmé par l'étude du gisement. M. de Mortillet a

(1) T. III, 2e série ; 2e fascicule, 1880.

(2) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. III, 3e sér. ; p. 569.

rappelé qu'on a trouvé mêlées aux ossements des poteries d'époques diverses, néolithiques et peut-être même gallo-romaines Il y aurait donc eu remaniement.

A ce propos, il est bon de remarquer combien facilement les inhumations dans le lehm peuvent occasionner des méprises. Le lehm est un terrain compact, non stratifié, où les traces de remaniements peuvent disparaître tout à fait, au bout de peu de temps; où, par conséquent, les trouvailles d'ossements humains doivent être tenues pour suspectes. Lorsqu'on rencontre, comme à Bollwiller, des squelettes entiers, réunis ensemble, il est naturel de croire à une inhumation. M. de Mortillet a fait remarquer avec raison, à propos des débris qui nous occupent, que des cadavres flottés par les eaux, — et c'est le cas pour les ossements du lehm, — sont bien vite mis en pièces et dispersés.

A. A.

PHYSIOLOGIE.

Absorption des graisses (1). — Si l'on suit les graisses à partir de leur introduction dans le tube digestif, on peut pendant un certain temps se rendre compte de leur histoire. Dans leur trajet de la bouche à l'estomac, et pendant leur séjour dans ce dernier organe, elles s'échauffent peu à peu et finissent par se fondre, sans éprouver cependant d'altération, car ni la salive ni le suc gastrique n'ont aucune action sur elles. Malgré leur légèreté spécifique, elles ne forment point toutefois une couche liquide étalée au-dessus du chyme. La raison de ce fait est assez claire : la bouillie, qui remplit la cavité gastrique, brassée comme elle l'est en tous sens par les parois musculeuses de l'estomac, est dans un mouvement perpétuel, et les substances qui la composent, malgré leur différence de densité, doivent être distribuées uniformément dans la masse. Aussi la graisse, subissant le sort commun, y est-elle divisée en gouttelettes disséminées çà et là au sein des substances albuminoïdes et sucrées.

(1) Vorlaüfige Mittheilung über Fettresorption, von A. Will. *Pflüger's Archiv.* Bd. XX. S. 255.

Mais qu'arriverait-il si on laissait le chyme se reposer en dehors du corps? Les gouttelettes graisseuses monteraient-elles immédiatement à la surface, ou bien seraient-elles retenues dans l'intérieur du liquide par leur adhésion aux matières albuminoïdes répandues dans le chyme? Et si elles sont retenues par adhésion, dans quel état de division se trouvent-elles? ressemblent-elles pour leur grandeur à ces gouttelettes qui forment les yeux du bouillon, ou bien sont-elles réduites à un état de petitesse microscopique, pareil à celui qu'on observe dans la portion graisseuse du jaune de l'œuf par exemple? en un mot, sont-elles, oui ou non, *émulsionnées?*

M. Blondlot tranche carrément la question en faveur de l'émulsion, et il attribue à toutes les substances albuminoïdes, quelles qu'elles soient, le pouvoir d'émulsionner les graisses. Claude Bernard affirme le contraire et, à l'appui de son assertion, il apporte le fait que le liquide gastrique, abandonné à lui-même, se recouvre peu à peu d'une couche de graisse, liquide d'abord, mais qui ne tarde pas à se figer par le refroidissement.

Quelle que soit l'action de l'estomac sur la graisse, il est certain qu'il ne l'absorbe pas, car on la retrouve plus tard dans l'intestin. Arrivée dans le duodénum, elle subit l'action du suc pancréatique, dont les propriétés émulsives ne sont point contestées. Nul doute également qu'elle ne soit alors absorbée par l'épithélium intestinal; car à la hauteur de l'abouchement du conduit pancréatique dans le tube digestif, les chylifères, à la suite d'une alimentation graisseuse, se remplissent d'un liquide lactescent, qui, comme le lait, doit ses propriétés optiques à la présence de nombreux globules d'émulsion, imprimant aux rayons lumineux réfléchis ou réfractés une marche assez discordante pour enlever toute transparence à la masse où ils sont en suspension.

Le problème du passage des graisses à travers les parois du tube digestif a singulièrement préoccupé les physiologistes. Trois solutions principales ont été indiquées, mais avant de les exposer, il convient de rappeler en peu de mots la constitution des parois du conduit alimentaire, car cette structure est un des éléments essentiels du problème.

Les parois du tube digestif sont composées de plusieurs membranes concentriques, qui, en certaines régions, se laissent facilement isoler les unes des autres. La plus extérieure est une couche transparente, très mince mais très résistante : c'est la membrane *péritonéale*. Elle assure le conduit alimentaire contre les effets d'une pression intérieure trop forte occasionnée par les matières ingérées au moment de leur passage à travers l'abdomen. La seconde couche est *musculaire*, et elle est composée de fibres longitudinales servant à raccourcir le tube digestif et de fibres circulaires destinées à le resserrer. On sait que c'est grâce aux contractions péristaltiques de ces muscles, combinées avec le jeu des valvules,

que les aliments, progressant peu à peu, arrivent enfin dans le rectum. La troisième membrane, la *sous-muqueuse*, formée d'un tissu très lâche, donne passage aux vaisseaux et sert de trait d'union entre les couches les plus extérieures et la couche la plus interne. Cette dernière, la plus importante de toutes, est la *muqueuse*.

Le tissu de la muqueuse est constitué par des fibres qui se croisent à la façon des réseaux. Sa surface, très accidentée, tantôt se creuse pour loger les glandes, tantôt se rélève brusquement et émet des expansions filiformes qui sont les villosités. A l'œil nu, les villosités ont l'aspect de poils d'une finesse extrême, serrés les uns contre les autres et donnant au toucher une certaine sensation de velouté.

La muqueuse est recouverte, du côté de la lumière du tube digestif, d'un pavement de cellules cylindriques épithéliales, qui remonte le long des villosités et descend dans l'intérieur des glandes où les cellules prennent quelquefois une forme plus arrondie.

Dans l'épaisseur même des parois intestinales, courent en différents sens des conduits chylifères et sanguins où viennent se déverser tous les produits élaborés dans le tube digestif pour être transportés de là, à travers le cœur et les poumons, jusqu'aux extrémités les plus éloignées du corps.

Quel est maintenant le chemin parcouru par les globules de l'émulsion graisseuse avant d'arriver aux vaisseaux chylifères, où on les retrouve lorsque la digestion est suffisamment avancée? Il faut de toute nécessité, si l'on s'en rapporte à la description donnée plus haut, qu'ils traversent l'épaisseur de l'épithélium, puis le tissu réticulé qui sépare l'épithélium des radicules chylifères, puis la paroi des radicules chylifères, si toutefois ces dernières ne sont point de simples lacunes sans paroi propre. Le mémoire de M. Will, dont nous voulons nous occuper ici, ne traitant que du passage de la graisse à travers les cellules épithéliales, nous nous restreindrons également à cette première partie du trajet. Ce serait d'ailleurs allonger outre mesure cette notice que de vouloir suivre les matières graisseuses à travers les réseaux de la muqueuse. Nous serions en effet inévitablement entraînés à rechercher les premières origines des chylifères : question singulièrement enchevêtrée, à laquelle on peut, sans hésiter, appliquer le fameux adage : Quot capita, tot sensus.

Pour traverser la membrane épithéliale, les globules graisseux doivent ou bien se glisser, par un mouvement purement mécanique, dans des lacunes qui existeraient entre les cellules, ou bien s'engager au sein du protoplasme même de ces cellules. La première hypothèse est dénuée de toute probabilité. L'existence même de semblables lacunes est un fait très problématique ; examinez la membrane épithéliale avec

les plus forts grossissements, vous ne trouverez ni pores, ni intervalles quelconques entre les cellules. Arnold et Thomas, il est vrai, en poussant des injections colorées dans les vaisseaux sanguins, ont vu le liquide s'infiltrer entre les cellules épithéliales ; mais cette observation montrerait tout au plus qu'il y a des lacunes conduisant aux vaisseaux sanguins, elle ne prouverait pas qu'il y a communication directe entre le tube digestif et les chylifères, dans lesquels cependant on voit apparaître les globules graisseux.

Letzerich a émis autrefois une hypothèse, supposant également aux globules graisseux un mouvement à travers des espaces ouverts qui, sans être des lacunes, en tiendraient la place. Entre les cellules épithéliales dont le contenu, parsemé de granulations microscopiques se fait reconnaître comme franchement protoplasmatique, il venait de découvrir d'autres cellules, affectant la forme de coupes, dont la transparence et l'homogénéité permettaient même de douter si elles étaient pleines ou vides. Il crut que ces cellules *caliciformes* étaient des bouches absorbantes, qui se remplissaient, à chaque digestion, des matières contenues dans le canal alimentaire et qui se vidaient ensuite du côte des chylifères ; alternativement pleines et vides, elles auraient établi la communication tant désirée entre le tube digestif et les canaux du chyle. Mais il est un fait qui détruit cette supposition aussi bien que toute autre qui voudrait faire passer les globules graisseux par des lacunes existant entre les cellules épithéliales ordinaires. C'est qu'au moment de la digestion de la graisse, ces dernières cellules se teignent en brun-noir par l'acide osmique, réaction caractéristique des substances graisseuses; les cellules caliciformes, au contraire, ne présentent rien de semblable.

Le chemin parcouru par les graisses est donc tout à fait marqué ; elles traversent le protoplasme même des cellules épithéliales. Mais quelle explication donner de cette pénétration de matières étrangères au sein même d'une cellule? La première hypothèse à laquelle se soient arrêtés les physiologistes, c'est de faire passer les globules de l'émulsion par voie d'osmose ou de diffusion. Cette explication vient se heurter à des difficultés bien sérieuses. Les huiles ne subissent pas d'osmose à travers les membranes animales quand la face opposée de la membrane est baignée par un liquide aqueux, et la membrane du tube digestif est dans ce cas. La résistance des membranes animales à la transsudation des graisses est même très considérable ; les émulsions les plus parfaites, celle du jaune d'œuf par exemple, exigent une pression de 6 centimètres de mercure pour opérer leur passage.

Ces difficultés sont cependant moins insurmontables qu'elles n'en ont l'air. D'abord la membrane épithéliale, et c'est de celle-là seule qu'il s'agit, n'est pas comparable pour l'épaisseur à celles dont on se sert dans

les endosmomètres; elle ne forme qu'une mince portion de l'épaisseur de la paroi intestinale; elle a l'épaisseur d'une cellule, c'est-à-dire, quelques centièmes de millimètre au plus. Puis, les conditions de transsudation dans l'acte de digestion sont différentes de celles qu'on réalise ordinairement dans les endosmomètres. La paroi du tube digestif est alors baignée par les sucs provenant de diverses glandes, par la bile entre autres. Or von Wistinghausen (1) a démontré, il y a longtemps déjà, que, dans le cas d'imprégnation par la bile, les membranes animales n'opposaient pas de résistance au passage des graisses. Dans son endosmomètre, il place d'un côté de la membrane de l'huile émulsionnée par la bile, de l'autre de l'eau distillée. Après dix-huit heures, beaucoup d'huile avait passé, sans qu'on eût eu recours à aucune pression.

Après cette expérience, on ne peut plus, nous semble-t-il, parler de la résistance des membranes animales au passage des graisses par voie de diffusion, et s'il n'y avait que cette difficulté à opposer à la théorie de l'absorption des graisses par un mécanisme purement physique, je crois que l'hésitation ne serait pas de longue durée.

Mais une membrane morte est bien différente d'une membrane vivante. Le protoplasme qui la constitue a changé du tout au tout par la mort, les réactions sont tout autres, les fonctions sont complètement altérées. Et au point de vue de l'osmose et de la diffusion surtout, on constate des différences très tranchées. Je n'insisterai pas sur le fait que le protoplasme des cellules végétales, des cellules des fleurs par exemple, ne se laisse pas imbiber pendant la vie par les substances colorantes en solution dans le suc cellulaire, tandis qu'après la mort il en est aussitôt envahi. Parlons seulement des cellules épithéliales. Vivantes, elles opposent une résistance très active à l'introduction de certains liquides dont elles subissent l'action dès qu'elles ont perdu leur force vitale de réaction. N'est-ce pas, en effet, par la résistance vitale des cellules épithéliales du tube digestif à l'introduction des sucs qui y sont sécrétés, qu'on explique, en partie du moins, cette curieuse propriété de l'animal qui digère les substances introduites dans son estomac sans digérer son estomac lui-même, quoique ce dernier soit de la même nature que les substances ingérées? Aussi, après la mort, l'estomac subit le sort commun et est digéré lui-même avec les substances qu'il renferme. Les histologistes savent en effet avec quelle rapidité il faut procéder pour obtenir des préparations satisfaisantes des parois de la cavité gastrique.

Le passage des substances se fait même souvent, chez le vivant, en

(1) C. A. v. Wistinghausen's Endosmotische Versuche über die Betheiligung der Galle bei der absorption der neutralen Fette. Dargestellt von J. Steiner. *Du Bois Reymond's Archiv.* 1873. S. 137.

sens contraire du courant osmotique observé dans l'endosmomètre. Ainsi l'alcool ingéré dans le tube digestif est absorbé, c'est-à-dire que le courant va de l'alcool à l'eau de la lymphe et du sang, au rebours des échanges osmotiques ordinaires. Enfin, une simple excitation des cellules épithéliales par l'intermédiaire du système nerveux suffit à ralentir, à accélérer, à renverser les échanges entre les deux faces de l'épithélium. Tout homme a pu juger par son expérience personnelle combien les émotions morales elles-mêmes ont d'empire sur les phénomènes d'absorption ; l'appréhension et la peur ont ici de tout autres effets que le calme ou la joie.

Il n'est donc pas étonnant qu'une hypothèse différente de l'osmose se soit fait jour et qu'on ait cherché à identifier le pouvoir d'absorber les graisses avec la faculté possédée par les organismes inférieurs unicellulaires de s'assimiler les substances étrangères avec lesquelles ils sont en contact. Les amibes savent, comme on le sait, faire pénétrer dans leur intérieur les particules microscopiques solides qui les entourent. Elles n'ont cependant ni bouche ni pore quelconque analogue à notre orifice buccal ; mais leur masse gélatineuse s'ouvre ici ou là pour introduire le globule à ingérer et se referme ensuite sur lui, sans qu'il reste aucune trace de déhiscence ou de déchirure.

Or les cellules épithéliales, à part la forme et quelques propriétés spéciales, sont de véritables amibes. Comme ces dernières, elles sont constituées par un protoplasme gélatineux, apte à s'ouvrir pour l'introduction des substances alimentaires. Leur ressemblance avec ces organismes microscopiques est plus parfaite encore, s'il faut admettre l'interprétation donnée par plusieurs histologistes à certaines apparences présentées par elles. La face des cellules épithéliales, tournée vers le tube digestif, est constituée par un petit plateau sillonné de stries perpendiculaires à la grande longueur du plateau. Ces stries ne seraient autre chose que des cils protoplasmatiques, ou plutôt des tentacules très fins, que la cellule serait capable d'allonger ou de rétracter, et c'est par les mouvements divers qu'elle leur imprimerait, qu'elle serait à même de ramener vers elle les substances contenues dans le tube digestif.

L'entrée et le passage des globules graisseux seraient ainsi très aisés à expliquer. La sortie n'offrirait pas plus de difficulté si, comme l'affirme M. Brücke, la cellule n'est pas fermée par une membrane du côté dirigé vers les lymphatiques.

Mise en avant par Thanhoffer, l'opinion de l'absorption des graisses par une fonction vitale du protoplasme a été soutenue par plusieurs physiologistes distingués et dans ces derniers temps a été reprise par M. Hoppe Seyler (1). Elle ne peut être contestée dès qu'il s'agit du

(1) *Physiologische Chemie*, II Th S. 345.

voyage des globules graisseux à l'intérieur même de la cellule. Dans un protoplasme gélatineux, tout différent sous ce rapport du protoplasme coagulé des membranes endosmotiques, il n'est besoin ni d'osmose ni de diffusion pour expliquer les mouvements de particules même solides. Elles sont transportées de côté et d'autre par les mouvements intestins du protoplasme, et leurs variations relatives de position ne peuvent rencontrer aucun obstacle de la part d'une gelée qui se laisse si facilement pénétrer.

Mais l'entrée et la sortie ne sont pas aussi évidentes. Car l'absence de membranes aux deux faces opposées de la cellule n'est pas démontrée avec une complète certitude, et il ne faut pas non plus se cacher l'importance de certains faits qui contrarient l'opinion de Thanhoffer. Si les globules graisseux pénètrent dans les cellules épithéliales comme ils pénétreraient dans une amibe, pourquoi des particules de stéarine, pourquoi des granules de carmin ne parviennent-ils pas à suivre les globules de l'émulsion? L'amibe, elle, ne fait pas de distinction entre les substances nutritives et celles qui ne le sont point. Elle livre un égal passage à la poussière de carmin et aux particules albuminoïdes, sauf à rejeter ensuite la première et à s'assimiler les secondes.

Pour écarter cette dernière difficulté, on pourrait recourir à une espèce de sélection de la part des cellules. Il est des exemples d'un choix fait par le protoplasme entre différentes substances qui se présentaient en apparence dans les mêmes conditions physiques d'absorption. Peut-être aussi pourrait-on combiner la théorie de Thanhoffer avec celle de von Wistinghausen. Il suffirait de supposer avec plusieurs histologistes, du côté du tube digestif, une membrane extrêmement mince sous-jacente au plateau strié. Les substances devraient traverser cette membrane et c'est pour expliquer ce premier trajet qu'on recourrait à l'osmose et aux expériences de von Wistinghausen. Les membranes cellulaires ont, en effet, déja beaucoup perdu des propriétés vitales du protoplasme intérieur, et elles se rapprochent, pour les caractères physiques, des membranes à protoplasme coagulé. Les globules de l'émulsion, imprégnés de bile, n'éprouveraient aucune difficulté à se frayer un passage à travers cette membrane, comme nous l'apprennent les recherches osmométriques exposées plus haut. Au contraire, les granules de carmin pourraient être arrêtés. Leur consistance solide, l'invariabilité de leur forme les distinguent en effet des globules de l'émulsion, et l'on conçoit qu'ils ne puissent se plier, comme ces derniers, aux déformations nécessaires pour suivre les sinuosités des pores moléculaires, soit permanents, soit temporaires, dont l'existence dans les membranes les plus compactes doit être admise pour expliquer les phénomènes de diffusion des corps analogues aux globules graisseux.

Mais une théorie récente propose une solution plus radicale de la difficulté. Les graisses ne passeraient pas à l'état d'émulsion, mais à l'état de savon, c'est-à-dire, avec la constitution des liquides parfaits. M. Perewoznikoff a le premier cherché à donner un appui expérimental à cette théorie, et tout récemment M. Will vient d'apporter de nouvelles observations dans le but de confirmer les déductions de son devancier.

Les graisses neutres sont aptes à être saponifiées en présence des alcalis et des oxydes métalliques : elles se décomposent en glycérine soluble et en acides gras, insolubles pour la plupart, mais formant avec les alcalis des savons solubles. M. Will, d'accord avec M. Perewoznikoff, admet trois stades dans l'absorption de la graisse. Premier stade : la graisse est émulsionnée dans le tube digestif. Second stade : elle est saponifiée et pénètre dans l'intérieur de la cellule. Troisième stade : elle retourne à l'état d'émulsion, grâce à la propriété qu'auraient les cellules épithéliales de former des graisses de toutes pièces par la combinaison directe de la glycérine et des acides gras.

Il explique, par cette dernière propriété, comment on retrouve de la graisse émulsionnée dans l'intérieur des cellules. Mais, contre la croyance commune des physiologistes, cette graisse ne serait pas identique avec celle qui se trouvait primitivement dans le tube digestif. Il y aurait eu une nouvelle combinaison formée aux dépens des éléments de la première, préalablement isolés l'un de l'autre.

Arrivons aux preuves de l'auteur. M. Perewoznikoff a démontré, dans la cellule épithéliale, le pouvoir de faire la synthèse des acides gras et de la glycérine. En injectant ces deux éléments dans le tube digestif, il a pu constater dans les cellules de l'épithélium la présence de globules se noircissant par l'acide osmique, et partant formés d'une matière graisseuse. M. Will a repris cette expérimentation. L'introduction de glycérine et d'acide palmitique parfaitement pur, isolé ou sous forme de savon, soit dans l'estomac de grenouilles vivantes, soit dans des anses intestinales extirpées, a été constamment suivie de l'apparition de globules d'émulsion dans l'intérieur des cellules.

De ces expériences on peut conclure que la cellule épithéliale peut assimiler les savons et les convertir en graisse. Mais il faut encore démontrer l'existence du second stade, c'est-à-dire, que de fait pendant la digestion les graisses ont passé par l'état de savons avant leur incorporation par la cellule. Point capital et qui cependant est à peu près complètement négligé par M. Will. Le seul fait ayant plus ou moins trait à l'existence de ce second stade est celui où il compare les résultats obtenus avec une anse d'intestin bien lavée, suivant qu'on y fait pénétrer ou bien de la graisse ou bien de l'acide palmitique. La graisse n'est pas absorbée, car les cellules traitées par l'acide osmique ne donnent

aucun résultat. L'acide palmitique, au contraire, donne naissance dans l'intérieur du protoplasme cellulaire à des granules d'émulsion que le réactif fait reconnaître comme franchement graisseux. Ce fait n'est pas très probant. Il s'agit d'une anse d'intestin lavée, dépouillée par conséquent de toute la bile et de tout le suc pancréatique qu'elle pouvait contenir. Or, ce n'est pas là l'état normal, et l'on sait bien que les graisses, à moins d'être préalablement émulsionnées par ces sucs, ne sont pas absorbées.

Une autre preuve qu'on pouvait apporter est le pouvoir que possède le suc pancréatique d'acidifier les graisses. Ce pouvoir est incontestable, mais s'il faut s'en rapporter aux expériences de Claude Bernard, il se manifesterait cinq ou six heures seulement après le mélange du suc avec les matières graisseuses ; laps de temps trop long pour que cette action puisse être invoquée utilement ici. Du reste l'illustre physiologiste français n'a jamais admis que le suc pancréatique exerçât ce pouvoir dans le vivant.

La saponification préalable des graisses dans l'intestin est donc une pure conjecture. La théorie de MM. Perewoznikoff et Will manque, sous ce rapport, de base solide et n'a point les caractères voulus pour être admise à l'exclusion des hypothèses rivales. Nous attendrons des expériences ultérieures pour faire un choix entre elles et la théorie de Thanhoffer. Toutes deux nous semblent avoir un certain degré de probabilité. La seule hypothèse que nous rejetions est celle de l'osmose pure et simple. Ce n'est point que les membranes présentent une barrière physique insurmontable à l'osmose des graisses; les expériences de von Wistinghausen nous ont montré qu'une telle barrière n'existait pas. Mais les caractères particuliers de l'absorption des graisses dans le corps vivant et surtout la dépendance des cellules épithéliales vis-à-vis du système nerveux ne nous permettent pas de tout ramener à l'osmose. De plus, l'introduction de l'osmose dans cette question nous semble reposer sur une fausse conception des fonctions des cellules épithéliales.

On semble admettre que les cellules épithéliales sont faites pour les autres cellules du corps, qu'elles sont de simples filtres destinés à laisser passer à l'intérieur les substances alimentaires ingérées dans le tube digestif. Nous admettons volontiers qu'il y a un arrangement admirable dans toutes les parties de l'organisme vivant et que, de fait, toutes ces parties s'entr'aident mutuellement. Mais nous admettons également que cet arrangement est le fait de celui qui a organisé la matière et qu'il est fondé, comme tout l'est en bonne politique, sur l'égoïsme des différents éléments de l'organisme. Dans une nation, tout gouvernement habile spécule sur l'égoïsme des individus, et combine tout de telle sorte que tout citoyen, en croyant travailler uniquement pour soi, tra-

vaille réellement pour la communauté. Aucun individu n'est fait pour les autres, mais la bonne politique consiste à faire que chaque individu trouve son profit à se dépouiller de ce qui sera un avantage pour ses concitoyens. Dans le commerce, il en va de même. Le vendeur croit faire un excellent marché en se dépouillant des produits naturels ou fabriqués contre de l'argent, et l'acheteur se réjouit de se dépouiller de son argent pour avoir la marchandise.

De même chaque cellule du corps ne tend qu'à sa propre conservation et à sa reproduction. C'est pourquoi elle assimile et désassimile. Mais il arrive, et le fait est admis sans conteste pour les cellules glandulaires, que les éléments désassimilés et rejetés par une cellule sont éminemment favorables à une autre. Qu'est-ce que la salive, le lait, le suc gastrique, la bile, sinon les déchets des glandes? Mais ces déchets seront utiles à d'autres cellules dont ils servent à préparer la nourriture. Les cellules épithéliales, pas plus que les cellules glandulaires, n'absorbent point uniquement pour le compte des autres cellules. Elles absorbent pour elles-mêmes, et ce qu'elles laissent passer c'est ce qu'elles ne peuvent utiliser ou ce dont elles ont déjà retiré tout ce qu'elles pouvaient.

Ne croyons pas même que ce qu'elles utilisent ainsi soit la minime portion de ce qu'elles absorbent. Il n'est pas probable qu'elles se donnent tant de travail pour un minime profit. Il s'agit ici de cellules en qui l'on doit reconnaître tous les caractères d'une vie végétative à son maximum d'activité. Comme les cellules végétatives, comme le parenchyme jeune des plantes, comme les cellules des glandes, comme les cellules des jeunes embryons, elles ont une forme plus ou moins isodiamétrale, leur protoplasme est gélatineux et riche en granulations. Comme les cellules glandulaires, elles dépensent beaucoup, car elles fournissent le mucus qui lubrifie les intestins. Il n'y a presque pas de doute non plus qu'elles ne prolifèrent très rapidement, et qu'à tout moment les cellules ne tombent et ne soient immédiatement remplacées par d'autres. Il leur faut donc élaborer du protoplasme et du mucus ; élaboration bien plus active, bien plus énergique que celle qui a son siège dans les nerfs et dans les muscles auxquels elles devraient, dans l'hypothèse contraire, laisser passer à peu près toute la nourriture. Les muscles et les nerfs ne consomment guère que des hydrocarbonés et très peu de matières azotées. Les déchets retrouvés dans le muscle se composent de substances non azotées, telles que l'acide carbonique et l'acide lactique ; la quantité d'urée au contraire est très faible.

D'après nous donc, les cellules épithéliales consommeraient ou transformeraient une grande partie des peptones. On comprendrait par là comment on trouve si peu de peptone dans le sang. On comprendrait également comment le sang est si riche en urée après un repas de viande.

La quantité d'urée peut alors être jusqu'à douze fois la quantité normale.

Et qu'on ne s'étonne point de nous voir attribuer aux cellules épithéliales une part aussi active dans l'élaboration des matières alimentaires. Ces cellules sont en nombre infini. Ce serait mal estimer leur multitude que de multiplier la longueur de l'intestin par son diamètre moyen. On doit songer que les cellules et surtout les villosités augmenteraient dans des proportions considérables la surface intestinale développée sur un plan. Quant à la quantité de matière que peut élaborer une cellule, on s'en fera une idée en se rappelant que les glandes mammaires peuvent sécréter jusqu'à deux litres de lait par jour, et que l'ensemble des glandes digestives déverse journellement neuf litres de différents sucs dans le canal alimentaire. Küss cite, d'après M. Béchamp, le cas d'une femme portant une fistule gastrique, qui allaitait et qui néanmoins produisait en vingt-quatre heures un poids de suc gastrique atteignant le quart du poids de son corps. Or, à nos yeux, les cellules épithéliales sont de véritables cellules glandulaires, sécrétant par leur face intestinale du mucus qui se répand dans le tube digestif, et par la face opposée des graisses, des hydrocarbonés, des albuminoïdes, de l'urée, qui se déversent dans les lymphatiques et dans les canaux vasculaires. En somme, il faut bien admettre que tous les produits de la digestion, quelle que soit leur masse, traversent les cellules épithéliales. Or il serait vraiment étrange de voir à l'état normal une substance organique oxydable traverser du protoplasme vivant sans éprouver la moindre altération. Que si la cellule épithéliale élabore, avant de les éliminer, les substances qu'elle a absorbées, dès lors elle remplit toutes les conditions voulues pour être une cellule glandulaire, puisqu'elle donne naissance à de véritables sécrétions.

Je comprends que des matières déjà oxydées traversent les cellules sans subir de modification. Le courant d'assimilation les entraîne dans la cellule, le courant de désassimilation les emporte au dehors. C'est le cas de l'urée relativement aux cellules du rein. Mais pour les graisses en particulier, substance éminemment oxydable, cette hypothèse n'a aucune probabilité. Il est bien plus vraisemblable que les globules graisseux des chylifères sont des produits élaborés par les cellules épithéliales aux dépens des matières alimentaires, graisses, hydrocarbonés ou albuminoïdes même, et réduits à un état où ils ne sont plus profitables à la cellule qui les a formés, bien qu'ils puissent encore servir à en alimenter d'autres. Sous ce rapport nous nous rapprochons de l'opinion de MM. Perewoznikoff et Will, qui donnent aux cellules épithéliales le pouvoir de former la graisse, mais nous ne sommes point convaincu que, pour pénétrer dans la cellule, la graisse doit d'abord être saponifiée et, à ce point de vue, nous ne pouvons rejeter absolument les vues de Thanhoffer et de von Wistinghausen.

Le mode d'action des cellules épithéliales, les transformations profondes qu'elles font subir aux matières absorbées, les changements qu'elles éprouvent elles-mêmes seront mieux compris encore si nous exposons les travaux récents de M. Heidenhain sur

Les modifications des cellules glandulaires durant les diverses phases de la sécrétion (1). Ces cellules, au point de vue anatomique, sont les congénères des cellules épithéliales. Leur origine est la même, puisqu'elles dérivent, les unes et les autres, du feuillet interne de l'embryon. De plus, dans le corps le passage se fait insensiblement des unes aux autres; les glandes intestinales, nous l'avons vu, ne sont en effet que la continuation de l'épithélium qui descend dans certaines cavités ménagées au sein du tissu réticulé de la muqueuse. Mais les cellules glandulaires présentent des conditions plus favorables à l'investigateur. Leurs produits de sécrétion sont plus aisés à recueillir parce qu'ils se déversent dans des canaux spéciaux ; il est plus facile également d'apprécier les effets des réactifs sur une glande qui forme un petit tout isolé, ayant son système propre d'artères, de capillaires, de veines, de lymphatiques, de nerfs, de muscles que sur un lambeau d'épithélium, dont les relations anatomiques avec les parties voisines sont trop étroites et trop compliquées pour qu'on puisse isoler convenablement les réactions propres du lambeau d'avec les réactions générales de l'ensemble.

M. Heidenhain distingue les glandes salivaires (c'est d'elles seules que nous allons parler) en glandes sécrétant un liquide albumineux qui se prend en masse par la chaleur, et glandes sécrétant du mucus ou mucipares.

Examinées à l'état de repos, les glandes à *sécrétion albumineuse* présentent des cellules relativement claires, peu granuleuses, avec un noyau étoilé ou plutôt parsemé sur toute sa surface de proéminences irrégulières. A l'état d'activité au contraire, c'est-à-dire, lorsqu'elle sécrète, la cellule se resserre, se trouble et devient fortement granuleuse; de plus son noyau s'arrondit. Tout état d'activité cependant ne donne pas lieu à d'aussi profondes modifications ; la description précédente s'applique seulement au cas où la glande a été excitée par l'intermédiaire du grand sympathique. Excitons au contraire la glande par l'intermédiaire du système cérébro-spinal, la glande ne change pas d'aspect, quoique la sécrétion soit plus abondante et plus alcaline; mais aussi le liquide sécrété est moins riche en matière albuminoïde.

M. Heindenhain interprète les changements morphologiques de la cellule de la manière suivante. A l'état de repos, la cellule glandulaire transforme son protoplasme, c'est-à-dire, la matière granuleuse, en une

(1) Hermann's Hdbch. V. Bd. I Th. S. 56.

autre substance destinée à la sécrétion. Cette dernière substance, le *paraplasme*, est plus claire; de là, plus grande transparence de la cellule au repos. A l'état d'excitation, le paraplasme est éliminé; c'est pourquoi la cellule se resserre, mais en même temps le protoplasme répare les pertes qu'il a éprouvées au repos ; aussi la cellule devient plus foncée par l'augmentation de la matière granuleuse.

Qu'on me permette ici une observation. Si l'on s'en rapporte uniquement aux figures données par l'auteur (1), l'augmentation absolue de la quantité de matière granuleuse au moment de la sécrétion n'apparaît point d'une façon évidente. L'augmentation relative ne peut faire l'ombre d'un doute, car la cellule est plus foncée; mais cette teinte sombre pourrait s'expliquer par la disparition du paraplasme clair combinée avec le rétrécissement de la cellule. La même quantité de matière granuleuse répartie sur un volume moindre doit rendre la cellule moins transparente. Nous supposons que M. Heidenhain n'a pas négligé cette considération ; la contemplation de la réalité a dû être plus instructive pour lui que ne l'est pour nous l'examen des figures, dues au burin toujours quelque peu infidèle des graveurs.

L'excitation par le système cérébro-spinal provoque la transsudation d'une plus grande quantité d'eau, mais celle-ci ne fait pour ainsi dire que filtrer à travers la cellule, sans entraîner presque rien du paraplasme. La cellule, conservant sa substance claire, doit rester transparente.

Remarquons-le bien, ce paraplasme n'est pas identique avec la matière albuminoïde sécrétée. Cette différence n'a pu être constatée dans le cas actuel par des procédés chimiques; mais les réactifs ont fait découvrir une différence très réelle entre le paraplasme existant dans l'intérieur des cellules pancréatiques et la matière organique sécrétée par ces dernières. On est autorisé par là à étendre la même propriété aux glandes salivaires qui présentent avec la glande abdominale la plus étroite analogie.

La distinction entre le paraplasme et la matière sécrétée explique également ce fait singulier que la salive produite à la suite d'une excitation du système cérébro-spinal est en même temps plus salée et moins riche en matières albuminoïdes. Si le paraplasme était identique à l'albuminoïde de la sécrétion, il serait, comme celui-ci, soluble dans les liquides salés; pourquoi alors le véhicule riche en sel, qui traverse la glande au moment de l'excitation, n'entraîne-t-il pas avec lui le paraplasme cellulaire? Si, au contraire, le paraplasme est une substance différente, il suffit, pour interpréter le phénomène, de supposer que la

(1) Ibid , S. 62.

glande ne reçoit pas du système cérébro-spinal, avec une intensité suffisante, l'excitation spéciale nécessaire pour transformer le paraplasme insoluble en albuminoïde soluble. Hypothèse tout à fait en accord avec les autres données physiologiques sur l'influence du système cérébro-spinal; il préside en effet principalement à la vie sensitive, tandis que le système grand-sympathique a sous sa dépendance la vie végétative, dont une des plus importantes fonctions est la transformation des matières absorbées.

Les glandes *mucipares* traversent également différentes phases correspondant aux différentes périodes de la sécrétion. A l'état de repos, — repos relatif bien entendu, opposé tout simplement à l'état de sécrétion actuelle, — elles se comportent à peu près comme les glandes à sécrétion albumineuse. Leur aspect est assez clair et leur contenu relativement peu granuleux. Le noyau est refoulé à la périphérie de la cellule et enveloppé par une zone étroite de protoplasme. A partir de cette zone, le protoplasme, peu abondant, émet des rayons croisés ici et là par d'autres filaments de manière à former un réseau à mailles irrégulières. Ces dernières sont remplies d'une substance claire, le paraplasme, différente du mucus au rapport de MM. Watney et Klein, en ce qu'elle ne se teint point par l'hématoxyline, qui colore le mucus.

Cette description ne peut manquer d'évoquer l'idée d'une cellule végétale avec son suc cellulaire compris également entre des lamelles protoplasmatiques rayonnant à partir du noyau. Et en réalité, s'il existe dans l'économie animale des cellules analogues, et pour la forme et pour les fonctions, aux cellules parenchymateuses des plantes, ce sont bien les cellules glandulaires.

Un élément distingue profondément les glandes mucipares des glandes à sécrétion albumineuse : ce sont les cellules *marginales*. Elles sont beaucoup plus foncées que les autres, affectent la forme de croissant et se trouvent logées vers les bords de chaque acinus ou groupe de cellules glandulaires. Observées pour la première fois par Giannuzzi, elles ont fait ensuite l'objet d'une étude approfondie de la part de MM. Lavdovski, Beyer et Heidenhain lui-même. L'aspect sombre de ces cellules est un indice suffisant de leur richesse en protoplasme granuleux.

Arrivons aux effets de l'excitation sur les glandes mucipares. Une excitation modérée produit, chez elles comme chez leurs congénères à sécrétion albumineuse, une contraction avec diminution de transparence. La cellule perd donc de sa substance claire en même temps que son protoplasme augmente. Que l'excitation vienne à cesser, la cellule reprendra peu à peu sa clarté et son volume primitifs, preuve évidente de la transformation du protoplasme en paraplasme aux dépens de l'eau puisée dans le système lymphatique ou vasculaire. A l'état d'excitation, la cellule élabore donc du protoplasme et perd du paraplasme ; à l'état

de repos elle élabore du paraplasme qu'elle retire du protoplasme précédemment formé.

Une excitation plus énergique ou plus prolongée s'accompagne d'autres effets, et ici nous rencontrons l'intervention des cellules marginales. Les cellules mucipares s'altèrent profondément : leur protoplasme se transforme presque entièrement en mucus, elles perdent leur individualité, se fusionnent les unes avec les autres pour être bientôt après emportées à l'état de liquide amorphe à travers les canaux glandulaires.

Il semble à première vue qu'il y ait une opposition radicale entre les effets d'une excitation modérée et ceux d'une excitation énergique. Peut-être n'est-ce qu'une question de degré. Je m'imagine, en effet, qu'à l'état d'excitation la cellule ne fabrique point seulement du protoplasme, mais aussi du paraplasme. Quand l'excitation est modérée, le protoplasme produit surpasse de loin celui qui a été converti en paraplasme, et la cellule devient granuleuse. Au contraire, s'agit-il d'une excitation énergique, la production de protoplasme est de loin inférieure à la dépense; la cellule s'appauvrit en matière fondamentale, et bientôt n'en possède plus la quantité nécessaire pour l'exercice des propriétés vitales. C'est à ce moment qu'elle se fond en quelque sorte et va se mêler elle-même aux produits de la sécrétion.

Malgré cette destruction cellulaire, la glande cependant, prise dans son ensemble, n'est pas perdue. Les cellules marginales vont lui fournir des éléments réparateurs. Cause de destruction pour les cellules centrales, une excitation énergique exalte au plus haut point la force d'assimilation des cellules marginales. Leurs noyaux se multiplient, les nouveaux noyaux s'entourent d'une atmosphère de protoplasme, s'isolent les uns des autres et reforment la glande à nouveau. Cette multiplication des noyaux, cette prolifération des cellules marginales a été surprise sur le fait par M. Lavdovski. Elle nous donne l'explication d'un contraste qu'on peut observer chez les glandes avant et après une excitation énergique. Avant l'excitation, les cellules sont grandes, pâles et flanquées de cellules foncées à croissant ; après l'excitation, les cellules sont petites, très granuleuses et partant relativement sombres. Les cellules grandes et pâles sont les cellules mucipares ; on ne les retrouve plus après l'excitation, parce qu'elles se sont désorganisées. Les cellules petites, granuleuses de la nouvelle glande sont le fruit de la prolifération des cellules marginales à croissant. Si la forme de croissant a disparu, c'est que les cellules marginales en prolifiant ont envahi toute la glande et ne sont plus refoulées vers les bords par les cellules centrales.

M. Beyer a même eu la bonne fortune de saisir la phase intermédiaire, celle où les cellules centrales avaient disparu sans que les cellules

issues des éléments marginaux eussent eu le temps de traverser toutes les phases de leur évolution. La lumière de la glande était devenue extrêmement large par la destruction des cellules centrales, mais elle était remplie d'un mucus amorphe, dernier débris de ces cellules. Elle était entourée de cellules petites encore, mais riches en protoplasme et issues, sans aucun doute, des cellules marginales à croissant.

Ces recherches micrographiques nous font pénétrer plus intimement dans le mécanisme des sécrétions. Depuis longtemps on savait que la matière sécrétée était élaborée par la glande elle-même et ne provenait pas du sang par une simple filtration à travers les cellules glandulaires. Claude Bernard avait fait faire un pas de plus à la science, quand il avait révélé ce fait étonnant que la glande était en pleine activité d'élaboration pendant les intervalles des sécrétions, c'est-à-dire, juste au moment où les physiologistes la proclamaient au repos. Le physiologiste français fondait son assertion sur l'aspect du sang sortant des glandes ; le sang était rouge à l'époque des sécrétions, noir pendant les intervalles, preuve évidente d'un travail chimique intestin exécuté juste à l'époque où la glande ne sécrétait point.

Cette espèce de paradoxe reçoit une confirmation bien éclatante des observations que nous venons de rapporter, observations cependant faites dans une tout autre voie. Nous avons vu en effet, que la substance claire des glandes, celle qui est destinée à la sécrétion, apparaît dans les cellules au moment où ces dernières sont à ce qu'on continue d'appeler leur état de repos. Mais, ce que Claude Bernard n'avait point vu, c'est que, pendant la sécrétion aussi, la glande exécute un travail chimique et répare les pertes de son protoplasme.

On pourrait se demander pourquoi ce travail ne se manifeste pas au dehors par un changement de la coloration du sang. Cette question comporte plusieurs réponses *à priori*, car il serait facile de se lancer dans le champ des hypothèses et de faire intervenir soit une accélération dans la circulation, soit une élimination moindre de carbone dans les transformations chimiques ; mais il vaut mieux attendre que les faits aient parlé.

Il est remarquable, toutefois, que Claude Bernard soit parvenu à découvrir le travail immense exécuté par les cellules glandulaires prétendues au repos, en partant d'un fait, la différence de coloration du sang, qui en somme nous crée à l'heure actuelle une véritable difficulté. Si la partie positive de son assertion est vraie, la partie négative, celle où il nie tout exercice d'activité chimique pendant la sécrétion, n'est point d'accord avec les observations récentes, qui nous montrent un renouvellement très actif, une prolifération même du protoplasme glandulaire coïncidant avec la sécrétion.

Les *desiderata* de la théorie glandulaire restent cependant nombreux encore, et le mécanisme même du phénomène le plus apparent, celui du passage de l'eau à travers la glande, est encore inconnu. Comment se fait-il qu'à tel moment la glande sécrète et qu'à tel autre elle ne sécrète point? Pourquoi, après une excitation, puise-t-elle tant d'eau dans le sang et l'élimine-t-elle au dehors, tandis qu'aux autres époques elle se contente de prendre l'eau nécessaire à son imbibition sans en laisser filtrer d'une manière sensible à l'extérieur ? Comment s'imaginer un filtre qui soit à volonté perméable ou imperméable à l'eau ?

M. Giannuzzi a cru trouver la solution de cette difficulté. D'après lui, le filtre ne change pas. Seulement à certains moments on y verse du liquide, à d'autres on n'en verse point. Un des effets de l'excitation de la corde du tympan, nerf qui régit la glande sous-maxillaire, est d'augmenter la pression dans les capillaires et d'y faire circuler le sang avec plus de rapidité. Sous l'influence de cette augmentation de pression, l'eau du sang, d'après M. Giannuzzi, suinterait à travers les parois des vaisseaux, tomberait dans les lacunes lymphatiques, pénétrerait de là dans les cellules glandulaires limitrophes de ces lacunes, les traverserait et s'écoulerait ainsi par les conduits excréteurs de la glande.

L'augmentation de pression dans le système vasculaire à la suite de l'excitation de la corde du tympan est un fait constant. Reste à démontrer que cette augmentation de pression est suffisante à faire transsuder énergiquement l'eau du sang. M. Giannuzzi croyait avoir atteint son but par l'expérience suivante. Avant d'exciter la corde du tympan, il injectait dans le conduit glandulaire une solution de carbonate de sodium ou d'acide chlorhydrique. Par un mécanisme encore inconnu, ces substances paralysent la glande, qui ne sécrète plus, lors même qu'elle est excitée par le système nerveux. Mais les effets de l'excitation nerveuse sur le système vasculaire ne sont pas contrariés ; la pression et le débit du sang dans les capillaires augmentent, et, fait remarquable, le tissu conjonctif qui enveloppe la glande s'infiltre d'eau au point de s'œdématiser.

M. Giannuzzi voyait dans cet œdème une confirmation éclatante de sa théorie. Grâce à la pression, l'eau était exsudée des vaisseaux, mais elle ne pouvait s'écouler au dehors par les canaux des glandes à cause des entraves apportées à la sécrétion par le carbonate de sodium et l'acide chlorhydrique. Force lui était donc de se répandre dans les lacunes du tissu conjonctif et d'y produire l'œdème observé.

A cet argument expérimental, M. Heidenhain en oppose un autre qui en détruit toute la valeur. Supposons le raisonnement de M. Giannuzzi vraiment concluant; il faut alors de toute nécessité que chaque fois qu'on augmentera la pression à l'intérieur des capillaires avec suspension simultanée de la sécrétion, il se produise un œdème dû à l'infiltration de

l'eau dans le tissu conjonctif. Or on peut réaliser cette double condition en excitant la corde du tympan après injection préalable d'atropine. Car M. Keuchel a trouvé que l'atropine arrêtait la sécrétion, et M. Heidenhain a pu observer qu'après l'atropinisation l'excitation de la corde du tympan n'en produisait pas moins la congestion des capillaires. Se forme-t-il un œdème? nullement. Donc l'œdème n'est pas le résultat de la simple augmentation de pression. Injectons maintenant du carbonate de sodium ou de l'acide chlorhydrique. L'œdème se produit, il est vrai, mais cette production tardive prouve qu'il provient d'une modification surajoutée, peut-être de l'altération des parois vasculaires par les substances injectées.

M. Hering, se séparant de M. Giannuzzi, a mis dans les cellules glandulaires elles-mêmes le premier mobile de la sécrétion. La substance colloïde, contenue dans ces cellules, étant très avide d'eau, aspirerait l'eau des lymphatiques : ceux-ci à leur tour puiseraient dans le sang de quoi réparer leurs pertes, et, à la suite d'aspirations répétées, la pression augmenterait dans la cellule au point que celle-ci ne pourrait plus retenir l'eau accumulée et la laisserait s'écouler au dehors. Telle serait l'origine de la sécrétion.

Comme on le voit, ce système tend à tout expliquer par les propriétés physiques ordinaires des matières colloïdes. Mais alors, comment se fait-il que la sécrétion coïncide toujours exactement avec l'excitation des nerfs qui se rendent au tissu des glandes? Comment se fait-il que la vitesse de sécrétion soit plus grande dans la parotide où il y a moins de matières colloïdes, et moindre dans la sous-maxillaire où il y en a davantage? La simple avidité des colloïdes pour l'eau ne suffit donc pas à expliquer la sécrétion avec les caractères qui lui sont propres.

Aussi M. Heidenhain nous semble-t-il montrer plus de prudence en avouant franchement l'état imparfait de nos connaissances sur le mécanisme de la sécrétion. Mais c'est avec raison, selon nous, qu'il se range à l'opinion de M. Hering en tant qu'elle fait de la glande elle-même la cause de la sécrétion, à l'exclusion de la pression intravasculaire. Pourquoi la glande sécrète-t-elle à certains moments et non à d'autres. C'est un point sur lequel le professeur de Breslau ne s'explique pas. Il se contente de dire qu'il doit exister dans les glandes en repos un obstacle à la filtration de l'eau, et que cet obstacle est levé au moment de l'excitation. C'est en somme énoncer le fait en d'autres termes.

Peut-être pourrait-on rattacher ce fait à un autre phénomène, et diminuer ainsi le nombre de faits primordiaux qu'on admet sans en connaître la cause. Nous avons vu que, dans l'opinion de M. Heidenhain, le paraplasme est insoluble en opposition avec la substance sécrétée qui est soluble. Tant que le paraplasme conserve son insolubilité, on conçoit que, vu son avidité pour l'eau, il retienne ce liquide dans la cellule. Mais au

moment où il se change en albuminoïde soluble, il devient incapable de s'opposer à la filtration de l'eau, qui l'entraîne avec elle hors de la cellule. Une nouvelle fabrication de paraplasme produirait une nouvelle accumulation d'eau,qui disparaîtrait à son tour par la métamorphose de la matière insoluble en élément soluble. Je ne me cache pas cependant que nous nous trouverions ici en présence d'une nouvelle difficulté. La quantité d'eau excrétée devrait être jusqu'à un certain degré proportionnelle à la quantité de substance albuminoïde éliminée. Or, d'après les expériences citées précédemment, ce n'est point toujours le cas. Car, sous l'excitation du système cérébro-spinal, on obtient une plus forte quantité d'eau et moins de substance organique ; sous l'excitation du grand sympathique au contraire, une moins grande quantité d'eau et plus de matière albuminoïde.

Tous ces essais d'explication nous montrent que la sécrétion des glandes doit être mise au même rang que la contraction musculaire et l'influx nerveux. Il n'y a aucun espoir de la ramener aux forces physiques ordinaires de la nature brute. Mais nous ne devons pas renoncer à pouvoir la rattacher un jour à une autre fonction plus générale du protoplasme vivant. Réduire le nombre des fonctions primordiales du protoplasme, voilà l'unité que doit rêver le physiologiste. Tenter de réduire le protoplasme vivant lui-même à n'être qu'une forme spéciale de la nature brute nous semble une entreprise aussi chimérique que la réalisation de la génération spontanée. Tout homme qui expérimente dans cette voie est toujours sûr de rencontrer sur son chemin un Pasteur pour lui montrer le défaut et le néant de son hypothèse.

Atrophie héréditaire de la rate chez le lapin (1). — Elle est bien mystérieuse la faculté par laquelle l'ovule est capable de recevoir de chacun des organes du corps, malgré l'éloignement et en dehors de toute communication connue, certaines impressions d'une délicatesse extrême, — car elles ne troublent en rien l'homogénéité apparente de sa masse microscopique — et cependant d'une telle puissance qu'elles provoquent dans l'embryon l'apparition d'organes ressemblant à ceux des parents jusque dans les moindres détails de structure et de conformation. L'influence du père est plus étonnante encore que celle de la mère ; car on ne peut invoquer ici ni l'action constante du système nerveux ni l'influence perpétuellement renouvelée de la circulation. L'unique inter-

(1) Production artificielle d'atrophies congénitales de la rate par E. Masoin. *Bull. Ac. roy. de méd. de Belg.*, t. XIII. 3e série, nº 1. — Recherches expérimentales sur l'atrophie congénitale et la turgescence digestive de la rate, par le même. Ibid. t. IV. 3e série, n. 11.

médiaire entre l'ovule et le père est un filament microscopique, renflé quelque part sur sa longueur et d'une structure plus simple encore que l'ovule, et cependant la seule pénétration de cet agent imperceptible au sein d'un œuf cent millions de fois plus petit en volume que celui d'une poule, a le pouvoir de faire évoluer les milliers d'éléments anatomiques de l'enfant suivant cet agencement particulier qui constitue le type paternel dans ses traits même les plus indéfinissables.

Tout incontestable que soit l'influence de l'hérédité, par une nouvelle anomalie elle se montre capricieuse à l'excès et ne se laisse enfermer dans aucune formule générale bien définie. Certains caractères se transmettent aisément, d'autres plus importants et plus considérables ne se transmettent pas ; les différents rejetons d'un seul et même couple reproduisent à des degrés divers les traits caractéristiques des parents, et souvent sont très dissemblables entre eux ; l'hérédité enfin s'endort parfois pendant une génération pour se réveiller, par un phénomène d'atavisme, dans les générations suivantes.

Grâce à des observations patientes, l'homme a su, dans certains cas, imposer sa loi à cette force inconstante et améliorer ainsi les races ou former des variétés douées d'aptitudes spéciales. Les éleveurs façonnent presque la matière vivante, comme le statuaire façonne le marbre inerte ou la cire plastique.

Le hasard préside toujours en quelque manière à l'origine des races obtenues par l'élevage, et l'homme, pour se rendre maître de la nature, est obligé d'agir par surprise. Notre rôle serait plus beau si nous pouvions, à notre gré et sans attendre l'heure de la nature, imposer à l'organisme de nouvelles formes et lui communiquer de nouveaux caractères.

On a dû, sans doute, songer à créer de nouvelles races par l'emploi de déformations artificielles. Mais soit insuccès dans l'entreprise, soit découragement à la vue du grand nombre de déformations et de mutilations artificielles, voulues ou non, qui ne se transmettent pas par l'hérédité (1), l'histoire de la science n'enregistre pas, à notre connaissance, une seule série d'expériences faites intentionnellement dans cette voie.

M. Masoin, professeur de physiologie à l'Université de Louvain, a eu le courage d'entamer ce genre inédit de recherches. Son attention s'est portée sur un organe interne, la rate, dont l'idée se présente naturellement à l'esprit quand il s'agit d'une extirpation à faire impunément à l'intérieur du corps. La splénotomie ne demande pas de précautions

(1) *De l'espèce* par Godron, 2e édit. t. II. p. 299. — *De la variation des animaux et des plantes* par Darwin. Trad. par Moulinié, t. II. p. 23.

extraordinaires, et, après l'opération, l'animal ne semble guère se ressentir de l'absence d'un organe auquel cependant on a voulu confier une fonction aussi essentielle que la production des globules sanguins.

La rate, toutefois, par son extrême variabilité, présente un inconvénient à l'expérimentateur. Comme nous allons le voir, même chez des lapins normaux, son poids comparé à celui du corps peut monter d'un à quatre. On a aussi affirmé que, chez le même individu, elle diminue avec l'âge, et qu'en dehors des proportions variables de sang qu'elle contient, elle gagne et perd en substance dans les différentes phases de la digestion.

Cet inconvénient pourrait être négligé si, par l'extirpation de la rate chez les parents, on parvenait à annuler complètement cet organe dans la génération suivante. Mais si le résultat n'est pas aussi net, s'il s'agit d'une simple atrophie, un travail toujours délicat de comparaison devient nécessaire pour arriver à dégager des phénomènes une conclusion qui puisse s'imposer à un esprit sérieux.

Le procédé suivi par le professeur de l'Université de Louvain est aussi simple que naturel. Il accouple des lapins splénotomisés; puis, extirpant et pesant la rate des lapins issus des premiers par première ou seconde génération, il compare les poids ainsi déterminés avec le poids de la rate chez des lapins normaux. Le tableau de la page suivante donnera une idée assez claire des résultats obtenus. La colonne I contient les rapports, en dix-millièmes, du poids de la rate au poids du corps; la colonne II les numéros d'ordre des lapins normaux; la colonne III ceux des lapins issus de parents dératés. Chez les lapins d'expérience, à partir du n° 14, les rates ont été excisées sur le vivant.

La conclusion de ce tableau apparaît d'elle-même. Le hasard seul n'a pu donner si universellement de grandes rates aux lapins normaux et de petites à ceux qui provenaient de parents dératés. Il faut une cause à une loi aussi constante, et cette cause ne semble pouvoir être que l'hérédité.

Par surcroît de précaution, l'auteur a porté son attention sur les conditions étrangères qui auraient pu influencer le poids de la rate. L'âge d'abord doit être écarté, car à juger l'âge par le poids de l'animal, les lapins issus de parents splénotomisés n'avaient aucun désavantage sous ce rapport; de plus chez les lapins normaux eux-mêmes, l'influence de l'âge devient très contestable après les chiffres fournis par M. Masoin dans son mémoire original, si ce n'est peut-être pour des animaux arrivés à la limite de la décrépitude.

La différence de poids ne peut non plus être attribuée à la phase digestive où se serait trouvé l'animal. S'appuyant sur deux séries d'expériences qu'il a instituées, l'auteur admet avec Schoenfeld une augmentation du poids de la rate, la cinquième heure après le repas, pourvu que ce repas ait été précédé d'une longue abstinence. Conclusion un peu

I Rapports en dix-millièmes.	II Lapins normaux.	III Lapins issus de dératés.	I Rapports en dix-millièmes.	II Lapins normaux.
2—3	n° —	n° 16	7—8	n° 7
3—4	— —	— 20	8—9	— 8
4—5	— 28	— 2 — 32	9 - 10	— 4 — 17
		— 1 — 3 — 15 — 31	10—11	— 5 — 6 — 45 — 52
5—6	— 49	— 34 — 35 — 37 — 38 — 39	11—12 12—13 13—14	— 44 — 11 — 12 — 46 — 51
			14—15 18—19	— 9 — 50
6—7	— 10 — 13 — 14 — 26 — 47 — 48	— 33 — 36		

prématurée peut-être (1), mais vraie ou fausse elle ne peut entrer, comme le montre M. Masoin, en ligne de compte ; car les différences de poids entre les rates des deux espèces de lapins ont été observées même dans des conditions identiques d'alimentation et en dehors de cette longue abstinence, condition préalable des variations hypothétiques introduites par la digestion.

Fait remarquable : les animaux issus de dératés par deuxième génération, c'est-à-dire, ceux dont les parents et les grands-parents ont été splénotomisés, ont le même degré d'atrophie que ceux de la première génération. L'hérédité laissée à elle seule ne semble donc pas accumuler

(1) C'est pourquoi nous n'avons pas hésité à faire entrer dans notre tableau les lapins 46 et 50, quoiqu'ils soient de la cinquième heure. M. Masoin, fidèle à ses principes, ne les prend pas pour termes de comparaison.

ses effets, et atteindrait d'un seul bond les limites que lui impose la fixité de l'espèce.

Ce sont là de beaux résultats. Espérons qu'ils engageront M. Masoin à poursuivre ce genre de recherches. Il ne faut pas qu'ils restent à l'état de phénomènes curieux, que consigneront plus tard dans leurs ouvrages les collectionneurs de faits physiologiques. On doit pouvoir en tirer des conséquences générales, destinées à nous éclairer davantage sur les différents facteurs qui interviennent dans le problème mystérieux de la génération.

G. H.

BOTANIQUE.

Le développement de l'embryon végétal. — L'étude du développement de l'embryon chez les plantes phanérogames donna lieu dans la première moitié de ce siècle à l'une des luttes les plus mémorables qui se soient produites sur le terrain des sciences biologiques.

Grâce aux remarquables travaux de Schacht, de Schleiden, de Wydler, de Hofmeister en Allemagne, de Tulasne en France, la lumière se fit peu à peu sur cette question; on put établir d'une façon indiscutable que la vésicule qui donne naissance à l'embryon existe dans le sac embryonnaire avant que le tube pollinique ne soit descendu dans l'ovule.

En 1875, la question fut reprise à un autre point de vue par M. Strasbürger, qui fut bientôt suivi dans cette voie par M. Warming et par M. Vesque.

M. Strasbürger s'attache d'une façon toute particulière à rechercher quelle est la structure intime du sac embryonnaire et sa valeur morphologique (1). Selon le savant professeur d'Iéna, les phénomènes qui se produisent dans le sac embryonnaire diffèrent beaucoup de ce que nous croyions savoir sur ce sujet: le noyau primitif se dédouble; par des divisions successives, il forme du côté micropylaire une vésicule embryonnaire, deux *synergides* et un noyau qui persiste momentanément; du côté opposé au micropyle, il produit par des divisions correspondant aux précédentes, trois *vésicules antipodes* et un noyau

(1) E. Strasbürger, Ueber Befruchtung und Zelltheilung; Iena, 1877.

qui se fond avec le noyau supérieur pour former le noyau définitif du sac embryonnaire.

Un mémoire de M. Warming (1) et bientôt après deux travaux de M. Vesque (2) contribuèrent beaucoup à appuyer, en les généralisant, les faits établis par M. Strasbürger. Il faut donc considérer aujourd'hui le sac embryonnaire comme plurinucléé, comme pluricellulaire dans le sens où on entend aujourd'hui ce mot. Mais nous ne pouvons accepter sans beaucoup de réserves la manière de voir de M. Vesque, qui considère le sac embryonnaire des Angiospermes comme homologue de l'anthère de ces plantes ou du sporange des Cryptogames vasculaires. MM. Treub et Mellinck (3) ont publié, il y a quelques mois, sur ce point, une courte note qui confirme les doutes que nous émettons ici.

Une cellule sous-épidermique du nucelle produit une rangée longitudinale de 2 à 5 cellules ; l'inférieure s'agrandit et devient sac embryonnaire ; les autres sont refoulées vers le haut du nucelle et finissent par disparaître. Voilà en peu de mots le résultat essentiel des investigations des deux auteurs. Il faut rejeter l'hypothèse d'après laquelle il n'y aurait pas de refoulement des cellules supérieures de la rangée, mais fusion de deux ou plusieurs de ces cellules pour former le sac embryonnaire.

Quant à la vésicule destinée à devenir l'embryon, elle est, dès le début, distincte des deux cellules nées à côté d'elle, auxquelles M. Strasbürger a donné le nom de *synergides ;* leur rôle est difficile à préciser dans l'état actuel de nos connaissances ; il est possible qu'elles aient quelque relation avec la transmission de l'action fécondante ; ce point appelle de nouvelles recherches. Quelques faits, bien connus depuis la publication du livre de M. Hegelmaier (4), notamment le développement énorme des deux synergides dans le sac embryonnaire de l'*Hypecoum*, constituent de solides raisons à l'appui de cette opinion.

Les recherches sur le développement de l'embryon ont de plus acquis un intérêt tout nouveau, qui avait échappé à la plupart des anciens observateurs ; il s'agit d'un point physiologique, de la part que prend le suspenseur dans la nutrition de l'embryon. M. Treub signalait

(1) E. Warming ; de l'Ovule ; *Ann. Sc. nat. Bot.* 6e série. t. V, 1877.

(2) J. Vesque ; Développ. du sac embryonn. des Phanérog. angiosp., *Ann. Sc. nat. Bot.* 6e série, t. VI, 1877.

— Nouv. recherches sur le dév. etc., *loc. cit.* t. VIII, 1878.

(3) MM. Treub et Mellinck ; Note sur le développ. du sac embryonn. *Archives néerlandaises*, t. XV, oct. 1880.

(4) Hegelmaier ; *Vergl. Unters. über Entwickl. dikot. Keime* ; Stuttgart, 1878.

pour la première fois l'importance de cette question dans un travail qu'il publia en 1879 (1).

On sait aujourd'hui que le suspenseur qui relie le jeune embryon au sommet du sac embryonnaire, varie considérablement dans sa structure anatomique. Il n'existe même pas toujours; on a constaté son absence chez quelques Monocotylédones appartenant à diverses familles, notamment chez des Orchidées. On n'a pas observé cet état remarquable de dégradation chez les Dicotylédones. M. Treub (2) a observé le défaut complet de suspenseur chez les *Listera ovata*, *Epipactis palustris*, *E. latifolia*, *Cypripedium spectabile*. L'observation de l'auteur sur ce *Cypripedium* est d'autant plus intéressante qu'il a lui-même constaté l'existence d'un suspenseur dans deux autres espèces du même genre.

Dans la grande majorité des plantes Mono- et Dicotylédones, le développement du suspenseur est faible et ne présente rien de particulier. C'est une chaîne de quelques cellules superposées, dans lesquelles il n'est pas rare que des divisions longitudinales ou obliques viennent détruire la simplicité primitive. La limite entre l'embryon et le suspenseur peut par suite être singulièrement effacée. Nous ne pouvons pourtant attacher à ces faits une importance bien grande.

Mais, chez beaucoup de plantes phanérogames, on voit une ou plusieurs cellules du suspenseur, quelquefois toutes, se renfler énormément, prendre la forme de tonneaux et se gorger de protoplasma. Hanstein, dans ses études sur le développement de l'embryon, passe sur ce fait sans y attacher la moindre importance. Chez les Caryophyllées, la première cellule du suspenseur paraît toujours se renfler de la sorte; la liqueur de Fehling y révèle la présence d'une grande quantité de glucose; on y trouve aussi des grains d'amidon. Cette cellule avait été signalée et figurée par Meyen dès 1841. M. Tulasne en signale de nombreux exemples. Quelquefois deux et même trois cellules du suspenseur se renflent de la sorte.

Dans l'*Orchis latifolia*, les 11-13 cellules qui constituent le suspenseur sont toutes renflées et gorgées de protoplasma riche en glucose et bourré de grains d'amidon.

La structure de cet appareil est pourtant parfois bien plus complexe encore.

Depuis longtemps déjà l'attention avait été appelée sur une formation toute particulière que Schleiden le premier paraît avoir observée dans le développement de la Capucine ; elle consiste en une expansion parenchymateuse latérale par rapport au suspenseur, qui le dépasse bientôt ;

(1) Treub, *Embryogénie de quelques Orchidées*. Amsterdam, 1879.
(2) Treub, *loc. cit.*, p. 31.

elle forme un long cordon qui sort du sac embryonnaire et se développe dans la cavité ovarienne.

Ces faits ne pouvaient manquer d'attirer l'attention des anatomistes et des physiologistes sur la valeur et le rôle d'appareils aussi particuliers.

M. Treub entra largement dans cette voie en faisant une étude approfondie de l'évolution embryonnaire des Orchidées. On ne peut nier que ce groupe soit l'un des plus homogènes que l'on connaisse ; or nous y avons déjà signalé une particularité importante, les dimensions énormes des cellules qui constituent le suspenseur dans l'*Orchis latifolia*. Déjà dans cette espèce, le suspenseur s'insinue dans l'ouverture micropylaire, et sa partie supérieure apparaît à travers l'exostome dans la cavité de l'ovaire. Bien plus ces cellules continuent à s'allonger, s'accroissent le long des funicules et entre eux, finissent par s'appliquer étroitement contre le placenta sur lequel elles rampent ; peut-être même pénètrent-elles dans les éléments constitutifs du placenta. On peut observer le même phénomène chez plusieurs autres Orchidées.

La structure du suspenseur y est parfois bien plus complexe encore. Dans les *Phalænopsis* et le *Vanda tricolor* la cellule primitive du suspenseur se divise par deux cloisons longitudinales perpendiculaires l'une à l'autre ; les quatre éléments ainsi formés se gorgent de protoplasma, s'allongent en même temps sur le jeune embryon et du côté opposé.

Chacun d'eux se transforme en un long filament qui reste inséré par sa base sur la base de l'embryon, et s'allonge excessivement dans deux directions opposées. M. Treub compare cet amas de filaments au mycélium d'un champignon. Le faisceau supérieur s'avance vers le micropyle ; le faisceau inférieur enveloppe l'embryon, chacun des éléments qui le forment s'appliquant contre les cellules embryonnaires.

L'importance du mémoire de M. Treub et des résultats physiologiques sur lesquels j'insisterai plus loin détermina plusieurs savants à poursuivre leurs recherches dans cette direction. M. Strasbürger entreprit l'étude de l'embryogénie du Lupin (1) à laquelle M. Hegelmaier venait de consacrer un mémoire rempli de faits intéressants (2). M. L. Guignard entreprenait en même temps à Paris sur l'embryogénie comparée des Légumineuses, des recherches dont il vient de publier les principaux résultats (3).

(1) Strasbürger. Einige Bemerk. üb. Embryog. von *Lupinus*. *Bot. Zeit.* Déc. 1880.

(2) Hegelmaier. Embryog. und Endospermentw. von *Lupinus*. *Bot. Zeit.* Janv.-Fév. 1880.

(3) L. Guignard. *Soc. bot. de France*, juin, juillet 1880. *Comptes rendus*, 9 août 1880.

On ne voit jamais dans les Légumineuses le suspenseur quitter la cavité du sac embryonnaire pour se répandre au dehors dans la cavité de l'ovaire ou dans le placenta ; c'est toujours exclusivement à l'intérieur même du sac que le suspenseur prend tout son développement ; mais l'époque où il se produit et la durée de son existence présentent un grand intérêt. Dans le *Cytisus Laburnum*, par exemple, alors que l'embryon est encore fort réduit, le suspenseur est énorme, renflé ; dans ses cellules, l'acide osmique révèle la présence de gouttelettes d'huile ; le suspenseur ne cesse de s'accroître qu'au moment où les noyaux du sac embryonnaire commencent à se segmenter abondamment pour former l'albumen ; il est résorbé peu à peu à mesure que l'albumen se développe. Ce seul fait ne doit-il pas nous porter à croire que ce suspenseur a un rôle à remplir dans la nutrition de l'œuf ?

Toutefois cette étude physiologique présente de grandes difficultés ; la nutrition de l'embryon, les phénomènes chimiques de son développement échappent à nos procédés expérimentaux. Nous ne pouvons juger des phénomènes qui se produisent dans l'ovule que par des observations poursuivies pendant toute la durée de l'évolution, par l'emploi des réactifs qui nous en révèlent les modifications successives. Aussi ne pouvons-nous tirer des faits actuellement connus aucune conclusion positive ; nous pouvons essayer seulement de montrer dans cette étude physiologique tout ce qu'il y a à faire pour découvrir la vérité.

Bien avant qu'on ait cherché à se rendre un compte exact de la structure anatomique du suspenseur, on s'était occupé de rechercher si l'embryon végétal n'est pas pourvu d'un organe d'absorption destiné à lui amener les substances nutritives contenues dans l'ovule. Dès 1816, Treviranus se demande si ce n'est pas à travers les cellules du suspenseur que les matériaux de la nutrition sont amenés à l'embryon ; il fait observer que si cela est, le suspenseur doit s'accroître à mesure que l'embryon grandissant a besoin d'une nourriture plus abondante ; et, comme d'autre part il constate que ses dimensions ne s'accroissent pas en même temps que celles de l'embryon, il conclut que le suspenseur n'est pas destiné à remplir le rôle qu'il était disposé à lui attribuer.

Meyen, Schacht, M. Hegelmaier croient aussi que, dans quelques cas au moins, les matières nutritives sont amenées jusqu'à l'embryon par les cellules du suspenseur. C'est toutefois au dernier travail de M. Treub que nous devons les renseignements les plus étendus sur cette question. Ce savant a réuni une foule d'observations physiologiques sur le rôle du suspenseur des Orchidées.

Nous avons vu que le suspenseur de beaucoup de ces plantes se développe en dehors du sac embryonnaire. Quant à son rôle, l'auteur a cherché à s'en rendre compte surtout dans l'*Anacamptis pyramidalis*. Les cellules qui le constituent, dès qu'elles se sont allongées en filaments

extra-ovulaires, sont gorgées d'amidon, comme la paroi ovarienne et le placenta. Les nombreuses observations de M. Treub lui ont démontré que cet amidon n'est là qu'à l'état transitoire ; il le considère comme un dépôt temporaire qui se fait dans les cellules ; la présence de l'amidon est du reste à peu près générale dans le suspenseur des Orchidées ; la liqueur de Fehling révèle en outre dans le tissu du placenta aussi bien que dans le suspenseur une grande quantité de glucose, mais il faudrait se garder de conclure de ce seul fait ; car tous les tissus de l'ovaire en renferment au moment de la fécondation, et jusqu'au voisinage de la maturité des graines, chez la plupart des plantes.

Quelquefois pourtant, M. Treub a vu l'amidon remplacé par des matières grasses à l'état de gouttelettes huileuses.

Il faut noter aussi que les parois cellulaires n'ont pas les mêmes caractères à la surface du suspenseur qu'à la surface de l'embryon. L'embryon se revêt de bonne heure d'une cuticule assez épaisse, tandis que celles du suspenseur ne sont pas cuticularisées à cette époque. Cette différence paraît indiquer que l'embryon est moins en état que le suspenseur d'absorber les matières nutritives par sa surface. M. Treub émet même l'hypothèse que la surface embryonnaire n'est pas absorbante du tout, en se fondant sur ce fait qu'il a vu à maintes reprises l'acide osmique agir sur les gouttelettes d'huile de toutes les parties de ses préparations, excepté sur celles que contenaient les cellules de l'embryon. L'auteur croit pouvoir conclure de ces faits, que « la plus grande partie des matériaux de réserve que renferme l'embryon adulte, lui sont amenés par le suspenseur ; dans ce but, cet organe agit comme parasite du placenta et des funicules. » Dans l'embryon adulte, le suspenseur est desséché ou a disparu tout à fait.

Toutefois, d'autres raisons nous portent à faire encore des réserves relativement au rôle de cet organe. Le cas des plantes dépourvues de suspenseur doit certainement appeler toute l'attention des physiologistes, avant qu'on puisse accepter sans hésitation les conclusions du savant néerlandais. Il faut considérer les observations précédentes, comme des documents précieux; mais puisque les recherches de micro-physiologie échappent à nos méthodes expérimentales, c'est par des observations comparatives multipliées, poursuivies surtout dans les groupes les plus naturels en même temps que dans les conditions biologiques les plus variées, qu'on peut espérer arriver un jour à la solution définitive de ces intéressants problèmes.

On ne peut manquer de remarquer, par exemple, que le développement du suspenseur n'est pas toujours en rapport avec le développement en volume de l'embryon. On pourrait citer une foule d'exemples où un suspenseur étroit, ne présentant rien qui puisse le faire considérer comme un organe conducteur, porte cependant un embryon très

volumineux. C'est le cas des Crucifères, des Labiées, des Scrophulariacées, et de bien d'autres. L'embryon absorbe-t-il alors les matières nutritives par toute sa surface? Au contraire, beaucoup de plantes ont un embryon fort petit, bien que le suspenseur y soit très volumineux. Pourquoi n'aurait-il pas contribué, ici comme ailleurs, à apporter à l'embryon les éléments d'une nutrition plus abondante?

On ne pourra conclure avec une certitude à peu près complète, que lorsque l'on aura suivi la marche des substances nutritives dans l'embryon des plantes pourvues d'albumen, comparativement avec celles qui en sont dépourvues. Pour le moment les embryons dépourvus de suspenseur constituent une objection grave à l'hypothèse de la nutrition à peu près exclusive de l'embryon par l'intermédiaire de cet organe; il faudrait prouver aussi que la jeune cuticule s'oppose, dès le début, à l'accomplissement des phénomènes osmotiques. En attendant, tous les résultats obtenus dans cette direction, si incomplets qu'ils soient, nous rapprochent du but à atteindre ; on ne saurait trop encourager les savants qui n'hésitent pas à aborder des problèmes aussi difficiles.

Ch. Flahault.

SCIENCES AGRICOLES.

Utilisation des eaux d'égout. — Les récents calculs des ingénieurs (1) permettent de chiffrer aujourd'hui les millions que toutes les grandes agglomérations humaines jettent bon an mal an à la rivière.

32 villes d'Angleterre ont donné en moyenne par tonne de *sewage* :

En suspension : matières organiques, 250 gr. ;
» matières minérales, 225 gr. ;
En dissolution : matières organiques, de 100 à 500 gr. ;
» » minérales, de 500 à 1000 gr. ;
» Azote organique, de 2 à 20 gr. ;
» » ammoniacal, de 50 à 125 gr. ;
» Acide phosphorique, de 20 à 48 gr. ;
» Potasse, de 40 à 125 gr. ;
» Chlore, de 100 à 200 gr.

(1) *Revue des deux mondes*, 15 oct. 1880.

Ensemble, environ 1 1/2 à 2 kilogrammes de matières organiques et minérales par tonne (3 d'acide phosphorique, pour 6 de potasse et 12 d'azote).

Naturellement ces rapports varient de ville à ville, de saison à saison, mais ils constituent une moyenne approximative de toutes les analyses connues.

Les eaux d'égout constituent donc surtout des engrais azotés à action immédiate comme les engrais chimiques. Répandues sur un sol poreux, elles ne laissent plus de traces après un an, quelle que soit d'ailleurs la quantité des matières organiques.

Ce qui ne doit pas nous surprendre, attendu que dans les sols sablonneux les engrais de ferme à dose intensive disparaissent en un an comme par une véritable combustion. Ainsi cent mille kilogrammes de fumier de ferme sont dévorés en un an par les sables de la Campine (1). D'ailleurs la perméabilité de tous les sols drainés et labourés fréquemment est indéfinie.

La ville de Paris donne, par jour, un débit de trois cent mille mètres cubes, soit un volume annuel de cent millions de mètres cubes environ.

Ce volume d'eau d'égout correspond au chiffre fabuleux de cinq millions quatre cent mille kilogrammes d'azote assimilable, représentant une valeur de plus de douze millions de francs pour l'azote seulement.

Cette quantité d'azote correspond à un milliard de kilogrammes de fumier, soit une fumure de 40 000 hectares au bas mot ; car, si l'on calcule à raison de 40 kilogrammes d'azote par hectare, on peut largement tripler ce chiffre.

Il est vrai que la solution du problème n'est pas si simple qu'elle le semble à première vue. La preuve, c'est qu'à Paris, comme à Bruxelles, on tâtonne depuis des années, on irrigue des centaines d'hectares qui se saturent, et l'on finit par reconnaître la nécessité d'envoyer au loin les eaux d'égout sur des plaines cimentées, afin d'en utiliser toute la valeur et de ne porter aucun préjudice à l'hygiène.

Alors se dresse le problème économique, la question de savoir quand les millions dépensés pour l'aménagement des eaux seront compensés par les millions en perspective.

Un autre système, déjà préconisé, permet cependant de tourner la difficulté : la précipitation des matières inertes ou des matières fertilisantes par des procédés mécaniques ou chimiques.

Dans les plaines de Gennevilliers, on irrigue à raison de 50 000 mètres cubes par hectare.

En Angleterre, on ne dépasse plus 12 000 mètres cubes, pour utiliser tous les principes fertilisants et éviter la sursaturation.

(1) *Journal agricole du Brabant-Hainaut*, 1880-81 Expériences de M. Lacroix.

A raison de 50 000 mètres cubes, on peut purifier l'eau d'égout sans danger, si l'on établit un drainage énergique et continu. A défaut de drainage suffisant, le relèvement de la nappe d'eau ne tarde pas à incommoder les riverains et à nuire à la culture; c'est ce qui arrive à Paris, où l'on songe à annexer la forêt de Saint-Germain, avec 2000 hectares de terrains irrigués. Cette velléité a soulevé les plus vives critiques ; les ingénieurs soutiennent que c'est encore là une demi-mesure et que le sewage rationnel de Paris exigerait au moins 20 000 hectares.

Les ingénieurs signalent aussi l'envasement progressif du lit de la Seine au delà des points d'abouchement des égouts dans le fleuve, à tel point qu'on peut prévoir le moment où les navires d'un certain tonnage échoueront en aval de Paris.

D'une part, la sursaturation du sol et le dégagement de vapeurs insalubres, de l'autre, l'envasement progressif de la rivière, tels sont donc les résultats obtenus par un sewage malentendu. La culture, il est vrai, a donné jusqu'ici des résultats superbes.

Mais, à raison de 20 000 m. c. d'eau, on obtient les mêmes résultats en Angleterre. Les ingénieurs anglais calculent que 5 coupes de raygrass enlèvent 245 kilogr. d'azote, 62 d'acide phosphorique, 303 de potasse.

100000 kilogr. de navets (culture dérobée après céréales) enlèvent 130 kilogr. d'azote, 110 d'acide phosphorique, 310 de potasse.

3000 kilogr. de seigle enlèvent 52 kilogr. d'azote, 25 d'acide phosphorique, 17 de potasse.

3000 kilogr. de paille enlèvent 32 kilogr. d'azote, 17 d'acide phosphorique, 62 de potasse.

Ces quantités prélevées en deux ans, sont restituées par 20 000 m. c. de sewage.

La quantité d'azote éliminée par un homme en un an peut atteindre, en moyenne, 8 à 10 kilogrammes, équivalant à 14 de gaz ammoniaque à peu près.

Les quantités d'acide phosphorique et de potasse, à raison de deux et d'un gramme par jour, en moyenne, atteignent à peine un kilogramme.

Mais il faut compter avec les déchets d'origine animale et végétale si considérables dans les grandes villes, pour se rendre compte de la richesse du sewage, en principes fertilisants.

M. le Dr Petermann calcule que les 200 000 habitants de l'enceinte bruxelloise, à raison de 8 kilogrammes d'azote par an seulement, donnent 1 600 000 kilogrammes, dont le kilogramme vaut 2 fr. 50.

Il a trouvé dans les eaux d'égout de cette ville 224 000 kilogr. d'acide phosphorique par an et 6gr,8 de potasse par hectolitre ; près de deux millions de kilogrammes par an.

La potasse excède donc sensiblement la production humaine, tandis que l'acide phosphorique ne la dépasse guère.

Les ingénieurs de Bruxelles calculent que les déjections de cent habitants sont nécessaires au maintien permanent en état de fertilité d'un hectare, tandis que les Anglais évaluent ce nombre à deux cents. Les 400 000 habitants de Bruxelles et de ses faubourgs suffiraient donc à fertiliser 4000 hectares. Ce calcul est erroné ; il accuse chez ses auteurs une véritable ignorance des lois de la restitution ; car, en admettant même que la restitution de l'azote soit suffisante, l'acide phosphorique, régulateur de la production végétale, fait défaut.

On se propose d'élever les eaux sur des plateaux sablonneux et calcaires peu distants de la capitale, d'une superficie de quatre mille hectares. On ne doit y déverser qu'une quantité d'eau d'égout égale à celle que fournit annuellement la pluie, soit $0^{m},70$ par an.

Ce plateau s'incline en pente douce jusqu'aux landes de la Campine, où l'on s'était proposé d'abord de porter les eaux pour fertiliser le désert. Mais ce plan séduisant a été reconnu irréalisable, parce que la valeur des produits ne compense pas les frais de transport.

Des ingénieurs libres ont proposé cependant de conduire directement les eaux d'égout dans la Campine, au moyen de tuyaux souterrains et en utilisant la pente la plus naturelle. De la sorte, on n'avait point à redouter l'encombrement de la rivière, comme à Paris, et l'infection d'un canal à ciel ouvert, car il ne faut pas oublier que c'est l'air dissous dans l'eau des rivières qui oxyde les matières en putréfaction.

Le calcul montre, en effet, qu'il suffit d'une vitesse de 50 centimètres par seconde pour éviter le dépôt des matières en suspension, même dans ces conduits souterrains.

D'autres ont proposé de débarrasser, au préalable, les eaux des matières en suspension au moyen d'un appareil de décantation, les matières solubles constituant la majeure partie des éléments fertilisants.

D'autres, enfin, préconisent la précipitation simultanée des matières solubles et des matières en suspension pour en fabriquer un engrais immédiatement assimilable.

Tel est, par exemple, le procédé Withread, expérimenté à Bruxelles et à Paris, et qui consiste essentiellement dans la précipitation des éléments fertilisants par les phosphates neutres et acides de chaux. Ces sels précipitent d'abord l'ammoniaque et l'addition de la chaux suffit pour entraîner la précipitation de 90 pour cent des matières organiques en suspension.

Malheureusement ce procédé laisse se perdre de l'acide phosphorique et de l'azote organique, sous forme de matières albuminoïdes.

Un autre procédé plus ancien consiste à précipiter le sewage par le

sulfate d'alumine, qui se décompose en présence du carbonate d'ammoniaque, résultant lui-même de la décomposition des urines. Il se forme du sulfate d'ammoniaque fixe, et l'albumine mise en liberté à l'état gélatineux entraîne les matières organiques en suspension. Malheureusement ce procédé est trop lent, et laisse se perdre également l'azote organique.

Pour remédier à cet inconvénient, un chimiste a proposé d'employer le tannin qui fixe à la fois l'ammoniaque et l'albumine, et dont le prix de revient, quand on l'extrait des écorces de chêne, ne dépasse pas la valeur du produit obtenu. Mais l'impossibilité d'utiliser les eaux par la clarification, a prouvé qu'en somme l'irrigation seule est possible, soit que l'on prévienne par des moyens mécaniques, comme la décantation, le comblement du lit de la rivière et le feutrage du sol, soit que l'on répande directement les eaux d'égout sur le sol, sans passer par la rivière. Ce dernier système implique la disposition de masses d'eaux considérables pour la circulation et l'entretien des égouts, sinon la putréfaction et le développement des miasmes qui l'accompagnent se produisent infailliblement. En effet, l'eau n'est pas seulement le véhicule nécessaire de l'engrais, mais, nous le répétons, elle constitue l'agent chimique le plus actif pour ramener rapidement au règne minéral les déchets de la vie animale et végétale.

La preuve en est fournie par l'analyse des eaux en amont et en aval des égouts de Londres et de Paris.

Là où les collecteurs déversent leurs immondices, l'oxygène, dissous dans l'eau, disparaît pour effectuer la combustion, tandis qu'une grande quantité d'azote ammoniacal indique la pollution d'origine animale de la rivière.

Mais à mesure que l'on descend le fleuve, l'azote diminue et l'oxygène reparaît : de telle sorte que l'eau reprend sa salubrité à quelques dizaines de kilomètres.

On ne retrouve plus alors que de l'acide carbonique et de l'acide nitrique, produits ultimes et inoffensifs de la combustion du carbone et de l'azote (1).

Selon M. Frankland, le dosage de ces deux acides dans l'eau suffirait pour donner la mesure exacte de la pollution de la rivière, le premier indiquant les pollutions d'origine végétale ; le second (acide nitrique) les pollutions d'origine animale.

L'idéal consiste à restituer à la cité la totalité des éléments fertilisants qu'elle perd journellement par les égouts et qui s'écoule en pure perte vers les rivières. La réalisation de cet idéal serait l'application

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, t. IV, p. 344.

absolue de la grande loi économique de la circulation de la matière qui fait rentrer les mêmes atomes dans le tourbillon de la vie. L'irrigation systématique et continue des cultures maraîchères intensives aux portes mêmes de la ville permettrait de s'en rapprocher de très près.

Les calculs établis pour la ville de Bruxelles, et qui portent à 4000 hectares la surface nécessaire pour épurer un volume annuel de 30 millions de mètres cubes, prouvent que la forêt de Saint-Germain, qui n'offre point une plus grande surface, ne peut suffire à traiter rationnellement les eaux de la Seine, à Paris, dont le volume annuel s'élève à plus de cent millions de mètres cubes, soit trois cent mille mètres cubes par jour, représentant environ mille kilogrammes de matière sèche.

L'inondation, la stagnation, la putréfaction du sol en résulteront inévitablement.

Un ingénieur a publié récemment une étude fort intéressante sur un procédé de précipitation des eaux d'égout par l'eau de chaux, traitement dont le caractère élémentaire et économique doit frapper tous les hommes pratiques.

Ce procédé, appliqué à Essonne, consiste à recevoir les eaux dans deux séries de bassins : les premiers, étanches, où la chaux précipite les matières organiques; les seconds, à fond perméable, parallèles, situés sur un plan inférieur et munis d'un égouttoir en mâchefer.

A Essonne, deux hectares suffisent pour recevoir les résidus de 10000 mètres cubes d'eau par jour. Or, 1 mètre cube d'eau, traité de cette façon, abandonne à 250 grammes de chaux, un précipité de 1 kilogramme de matière sèche contenant de 11 à 15 grammes d'azote et de 20 à 25 grammes de phosphate de chaux.

A ce compte-là, les 300000 mètres cubes de Paris donneraient au minimum 6000 kilogrammes de phosphate de chaux et 330 kilogrammes d'azote, soit par an plus de deux millions de kilogrammes de phosphate et de un million d'azote. Il suffirait donc d'une trentaine d'hectares pour épurer, dans ces conditions, toutes les eaux d'égout de la ville de Paris, et recueillir la majeure partie des principes fertilisants transformés en engrais chimiques.

Quelque ingénieuse et quelque économique que soit cette méthode, elle ne présente pas cependant les garanties de durée et de salubrité de la transformation et de l'épuration naturelle des eaux d'égout par le sol arable. C'est encore le cas de dire, avec Hippocrate, que la nature est le meilleur médecin, et que l'homme de l'art doit se borner à favoriser ses opérations, loin de les entraver par des artifices aveugles.

Les révélations de la physiologie et de la chimie agricole nous permettent aujourd'hui de comprendre le mécanisme merveilleux par lequel la terre arable ramène au système minéral les éléments fertilisants, insolubles et insalubres, contenus dans les eaux d'égout.

Les matières insolubles arrêtées d'abord par les couches superficielles du sol, comme par un filtre, sont rapidement comburées au contact direct de l'oxygène contenu dans l'atmosphère. L'eau filtrée de la sorte descend dans le sol et imbibe les molécules, de telle sorte que les éléments organiques *dissous* sont brûlés à leur tour, les matières carbonées, d'origine végétale, se transformant en gaz acide carbonique et en eau, les matières animales en azote, ammoniaque et acide nitrique.

C'est pourquoi le chimiste anglais, M. Frankland, a pu dire, en parlant des eaux de Londres, que le dosage de l'acide carbonique et de l'acide nitrique contenus dans ces eaux après leur transformation indique exactement leur degré de pollution en fait de matières végétales ou animales.

Mais M. Frankland supposait que la combustion du carbone et de l'azote s'opérait dans le sol par l'intermédiaire de bases poreuses du sol, telles que la chaux, l'alumine, l'oxyde de fer, absolument comme l'éponge de platine oxyde les matières organiques en condensant l'oxygène.

MM. Müntz et Schlœsung ont démontré que le mécanisme de la nitrification est un phénomène vital, dû à la respiration d'un organisme inférieur de la même nature que ces fameux microbes, dans lesquels M. Pasteur a découvert la cause des maladies infectieuses.

Ces organismes sont donc des ferments qui transforment l'azote organique en acide nitrique, c'est-à-dire en engrais chimique, et la physiologie tend à établir que toutes les décompositions des deux règnes s'accomplissent par l'intermédiaire d'organismes analogues. C'est ainsi que l'urine se transforme spontanément en carbonate d'ammoniaque sous l'influence d'un ferment analogue à la levure de bière, et que l'humus descend, d'échelon en échelon, par une série d'acides qui le colorent, jusqu'au règne minéral, c'est-à-dire jusqu'à l'acide carbonique et à l'eau.

Pour arrêter toutes ces décompositions, il suffit de placer les matières organiques dans des conditions où la vie cellulaire est impossible, par exemple, le froid, l'ébullition, la sécheresse, etc. M. Müntz a constaté aussi que la nitrification s'arrête à 5°, qu'elle reprend à 12°, augmente jusque 37° et diminue jusque 55°, où elle s'arrête tout à fait parce que les cellules périssent. Donc les eaux d'égout ne peuvent nitrifier pendant les froids de l'hiver et se transforment, au contraire, rapidement par les chaleurs de l'été.

Chose curieuse : les irrigations fréquentes aux eaux d'égout, au lieu de diminuer la capacité d'absorption pour les sels fertilisants des terrains sablonneux, l'augmentent au contraire d'année en année, précisément parce qu'elles concourent à former cette couche d'humus qui remplit les fonctions assimilatrices de l'argile, par absorption et endosmose, et favorise le développement des ferments.

D'après les expériences faites en Angleterre, le pouvoir absorbant d'un sol de ce genre est doublé au bout de trois ans. Ces faits confirment d'ailleurs les recherches de M. Boussingault qui a constaté que les matières azotées ne se nitrifient pas, même quand elles sont divisées dans le sable et dans la craie, tandis que la nitrification de l'ammoniaque s'effectue en quelques jours, quand on y mêle un peu de terreau.

Les deux systèmes de l'irrigation et de l'épuration des champs sont en présence à Reims, où l'administration partage les eaux entre les entrepreneurs; elle donne 0 fr. 005 par mètre cube pour l'irrigation, 0 fr. 008 pour l'épuration. L'irrigation donne de bons résultats, parce que les terres sont sèches et perméables.

Dans le département du Nord, au contraire, notamment à Roubaix et à Tourcoing, M. Ladureau pense qu'il faut remplacer l'irrigation par l'épuration chimique : 1° parce que les terres sont trop compactes ; 2° parce que les eaux savonneuses des usines exercent une action fâcheuse sur la fertilité.

M. Ladureau a obtenu d'excellents résultats par un mélange de chaux et d'argile. La chaux décompose les savons pour former un sel insoluble, et détermine par son excès la coagulation de l'argile qui entraîne les matières en suspension. De la sorte, l'eau ne salira plus les rivières au point de provoquer les réclamations des riverains.

On se rappelle que lorsque la ville de Genève envoyait ses vidanges dans le lac, le *botryocéphale* (ver solitaire) infestait le voisinage ; or, depuis que l'on a établi des fosses d'aisance fixes, le ver solitaire a disparu et l'agriculture bénéficie des matières fécales. Il paraît très vraisemblable, dit M. le professeur Bouchardat, que les microbes des maladies contagieuses et les œufs des vers intestinaux ne trouvent pas dans les matières contenues dans ces fosses leurs conditions d'existence et qu'ils y périssent. A ce point de vue, les fosses fixes sont moins préjudiciables à l'hygiène que le sewage. C'est pourquoi les vers intestinaux sont rares dans les villes et fréquents dans les campagnes, où peu de maisons sont pourvues de fosses d'aisance. Mais si l'on ne remédie au dégagement de l'hydrogène sulfuré au moyen des sels de zinc, les gaz infectent l'atmosphère ; toutefois, ils ne deviennent dangereux que lorsqu'ils restent confinés dans les fosses. La maison Coquerel de Paris a traité avec succès les vidanges de Paris par le phosphate d'alumine et la vapeur, de façon à obtenir des tourteaux complètement inodores et très riches en phosphore et en azote (1).

(1) Barral, *Journal de l'Agriculture*.

Culture de la betterave (1). — M. Van de Putte fait adhérer des matières fertilisantes à la capsule de la betterave sous forme de pralinage. Il a fait des essais avec le nitrate de potasse employé, soit en faisant adhérer à la graine environ $2\frac{1}{2}$ fois son poids de nitrate en poudre, soit en faisant tremper durant 24 heures, la graine dans une solution de nitrate de potasse à 22° Beaumé.

Ces essais ont été comparatifs et multipliés sur une surface de plusieurs hectares, ils ont porté en même temps sur des graines de différentes provenances.

La graine de betterave trempée 24 heures dans une solution concentrée de nitrate de potasse à 22° Beaumé, germe facilement et sans retard appréciable.

On sait que le sel marin et plusieurs autres sels, quand ils se trouvent dans le sol, comme cela arrive quelquefois dans les polders nouvellement endigués, en proportion uu peu notable, retardent ou empêchent la germination.

On n'a pas à craindre cet effet avec le nitrate de potasse ; les graines étaient couvertes de cristaux de ce sel, et les différentes variétés préparées ainsi ont levé aussi bien que les variétés correspondantes qui n'étaient pas préparées.

Dès que les premières feuilles ont apparu, celles des graines préparées au nitrate ont pris de suite une magnifique couleur et présenté une vigueur exceptionnelle, tranchant sur les produits des graines non préparées.

On préconise aussi le superphosphate de chaux en dissolution concentrée. Cette substance est très acide et a une action corrosive sur les graines ; les expériences démontrent qu'on ne peut pas l'employer sans danger.

On a recommandé cette pratique d'abord dans le but de mettre à la disposition du jeune plant un élément utile, l'acide phosphorique ; ensuite, dans l'intention d'éloigner les insectes des betteraves. Ce dernier résultat est parfaitement obtenu, mais aux dépens de la vitalité du germe.

On peut éviter cet effet toxique en faisant adhérer le phosphate en poudre à l'enveloppe de la graine, au lieu de l'employer en solution ; de cette manière, la dissolution du superphosphate n'est que progressive et a une action corrosive bien moins apparente. Cette pratique peut servir à éloigner les insectes, mais la graine ainsi préparée est crasseuse, s'agglomère et passe difficilement au semoir.

(1) *Journal de la Société centrale d'agriculture de Belgique*, 1881, Bulletin de février.

Comment la faible quantité de nitrate de potasse qu'on fait adhérer à la capsule rugueuse de la graine de betterave peut-elle agir efficacement ? Elle n'est assimilable que quand la chlorophylle dans les cotylédons a verdi à la lumière, et à ce moment les extrémités absorbantes des racines se trouvent étendues dans un cube de terre de plus de 15 centimètres de côté. L'action du nitrate adhérent ou absorbé par le péricarpe ne serait jamais apparente, si ce sel devait diffuser à travers les extrémités radiculaires. La diffusion a lieu, au contraire, directement à travers la membrane organique de la graine, et ce sel, très difficile du reste, est entraîné par le courant endosmotique et de transport qui s'établit entre l'embryon en évolution et les matières devenues solubles de l'endosperme (quoiqu'il n'y ait pas continuité, mais seulement contiguïté, entre les tissus de ces deux corps) ; courant qui finit même par épuiser complètement l'endosperme au bénéfice des cotylédons et de l'axe végétatif.

Nos cultivateurs connaissent tous les conditions très multiples qui peuvent influer sur le rendement, tant en qualité qu'en quantité, d'une culture de pommes de terre ; ils ne s'y trompent jamais, tant cette culture a été étudiée pratiquement, aussi ne saurait-on donner de meilleur guide pratique pour la culture de la betterave à sucre que les conditions à suivre pour la culture du tubercule.

Dans les deux cultures, on n'arrive à un bon résultat, comme richesse en sucre et en fécule, qu'en évitant la végétation trop prolongée des organes foliaires. Les variétés précoces, les semis hâtifs et des engrais peu azotés conduisent à ce résultat. C'est au moment de la maturité du feuillage, du jaunissement, que le transport ou plutôt l'émigration de la matière hydro-carbonée se fait entre les feuilles qui perdent leur poids, et les racines ou tubercules qui gagnent considérablement, surtout en qualité, dans les quelques jours que dure ce phénomène.

Pour les deux plantes, il faut un terrain meuble à une certaine profondeur et parfaitement assaini, ainsi qu'une certaine richesse en aliments minéraux, potasse et acide phosphorique, qui doivent être facilement solubles, à cause de la rapide végétation de ces plantes.

Les engrais d'origine végétale, qu'ils proviennent de l'humus préexistant dans le sol, ou qu'ils aient été appliqués sous forme d'engrais enfouis en vert, ou de débris de récoltes antérieures, tréflières, luzernières, sont particulièrement favorables à ces deux cultures et ne nuisent nullement à la qualité de leurs produits (1). Les essais de culture de

(1) Pour la culture de la colocasse, plante aroïdée qui remplace la pomme de terre en Égypte, ainsi que pour la culture de la batale, le fellah de la Haute-Égypte qui s'entend parfaitement dans la production de ces racines fécu-

la betterave aux engrais chimiques, institués cette année à la station agronomique de Halle, tendent à établir que la fumure précoce des terres à betterave ne donne pas de rendements avantageux, et, que le sulfate ammonique donne un accroissement de rendement moindre que le salpêtre. Alors même que le sulfate coûterait 2 à 4 marks de moins que le salpêtre, il faudrait encore donner la préférence à celui-ci.

A. Proost.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

Chaudière à fourneau siphoïde de E. Tomson (1). — M. Tomson a communiqué dernièrement à l'Association des ingénieurs de Liège une Note relative à un nouveau type de chaudière imaginé par lui.

L'appareil a une disposition verticale et une forme générale cylindrique. Il consiste essentiellement en une partie annulaire formée d'une série de tubes verticaux, lesquels se raccordent d'une part à un réservoir annulaire inférieur, et d'autre part à une chambre supérieure. L'eau occupe le réservoir inférieur, les tubes et une partie de la chambre supérieure. Dans l'espace central laissé par la partie annulaire, est disposé un carneau vertical en maçonnerie réfractaire; ce carneau tient lieu de chambre de combustion. Les gaz en ignition s'y élèvent jusque vers le haut de la partie tubulaire de la chaudière; de là ils passent par des ouvertures latérales entre les tubes; et ils descendent en léchant ces tubes, comme dans la branche descendante d'un siphon. Enfin ils s'élèvent au pourtour de la chaudière, qu'ils garantissent ainsi du refroidissement.

Le chauffage peut s'effectuer au moyen d'un foyer ordinaire; mais on emploie de préférence le gaz produit dans un gazogène, en ayant soin d'échauffer au préalable, au contact des parois de cet appareil, l'air qui y pénètre par la grille et celui qui est admis dans la chambre

lentes, ramasse soigneusement tous les débris végétaux, et les enterre dans le trou qu'il creuse pour recevoir ces plantes.

Nos petits cultivateurs flamands en font de même pour leur culture de pommes de terre; cette méthode est aussi pratiquée par le jardinier mahonnais, le plus habile que l'on connaisse.

(1) *Revue universelle*, janvier-février, 1881.

de combustion. Il convient aussi de faire tomber dans le cendrier une pluie d'eau : la vapeur formée par le rayonnement de la grille maintient la porosité des scories, et, en se décomposant, reporte vers la chambre de combustion une partie de la chaleur qui sans cela se serait dégagée dans le gazogène.

Cet appareil réunit toutes les qualités que doit présenter un bon générateur. La construction en est simple; il offre toute facilité pour les réparations et l'entretien: il donne lieu à une circulation d'eau rapide et régulière, et à la production de vapeur sèche: il occupe peu d'espace. Au point de vue des accidents, il présente une grande sécurité. En effet, les dépôts de boues et d'incrustations ne peuvent guère s'y former que sur des surfaces de chauffe indirectes (réservoir annulaire inférieur); les parties les plus sujettes à détérioration (tubes) contiennent un faible volume d'eau: une interruption temporaire de l'alimentation ne fait pas baisser le niveau à un point dangereux; et enfin tous les joints de la chaudière sont accessibles.

Mais les avantages que M. Tomson a principalement eu en vue de réaliser dans son générateur sont les suivants :

1° En effectuant la combustion parfaite du combustible à haute température dans un espace refroidi de tous côtés par la chambre d'eau de la chaudière, et en obligeant ensuite les gaz à circuler entre des parois qui cèdent leur chaleur à l'eau de la chaudière, il diminue les pertes par combustion incomplète et par rayonnement:

2° La surface de chauffe est très développée: le courant gazeux est divisé le plus possible, et il circule avec une faible vitesse:

3° Grâce à la forme siphoïde du fourneau, les gaz dans les carneaux possèdent une certaine tension qui empêche les entrées d'air froid;

4° Les dispositions du four et l'emploi de materiaux réfractaires assurent à l'appareil une grande durée.

Aussi, tandis que le rendement des chaudières ordinaires est en moyenne,

pour les chaudières à foyer extérieur, de 54 p. c.
— — intérieur, de 68 p. c. ;

la production s'élève, paraît-il,

pour les chaudières à fourneau siphoïde, à 85 p. c.

Un kilogramme de charbon donne,

avec une chaudière à foyer extérieur, $6^{k}5$ de vapeur ;
— — intérieur, 8^{k} —
— à fourneau siphoïde, 10^{k} —

Le procédé Thomas-Gilchrist et l'exploitation des minerais riches (1). — Le succès du nouveau procédé pour la fabrication de l'acier au moyen des fontes phosphoreuses va se confirmant de jour en jour.

A la fin d'avril, il y avait déjà 28 convertisseurs Thomas en marche, dont la moitié environ en Allemagne, et les autres en Autriche, en France, en Angleterre et en Russie. MM. Bolckow, Vaughan et C° affectaient au procédé Thomas 6 cornues d'une contenance de 15 tonnes, et 4 autres plus petites dans lesquelles la fonte arrivait directement du haut fourneau.

Les fontes traitées renfermaient, au maximum :

A Teplitz, 3 p. c. de phosphore et 0,3 p. c. de soufre;

A Wittkowitz, 1,25 p. c. de phosphore.

L'acier produit renfermait :

A Wittkowitz, de 0,05 à 0,15 p. c. de carbone, et 0,004 de phosphore ;

En Allemagne, de 0,20 à 0,30 p. c. de carbone;

En Belgique, de 0,10 à 0,20 p. c. —

Le déchet était :

Au Creusot, de 11 p. c.;

A Angleur, de 13 p. c.;

A Hoerde, de 16 p. c.;

Soit en moyenne de 1,15 à 2 p. c. de plus que dans le procédé Bessemer.

MM. Thomas et Gilchrist ont fondé récemment à Middlesborough une société spéciale pour l'exploitation de leur procédé.

La méthode basique a été essayée pour le traitement des fontes provenant des minerais d'Amberg (Bavière); et, les résultats ayant été trouvés satisfaisants, le gouvernement bavarois s'occupe de l'installation d'usines Thomas pour la fabrication des rails.

Enfin tous les journaux industriels ont annoncé, il y a quelques semaines, que la Bessemer Steel C° avait acheté le brevet Thomas pour les États-Unis, moyennant une somme de 275 000 dollars.

Malgré la réussite du procédé Thomas, les minerais riches et de qualité supérieure continuent à être exploités activement. Ainsi l'Amérique a acheté dernièrement 500 000 tonnes de minerai de Mokta (à 16 fr. la tonne); une maison anglaise s'est fait adjuger la location des minières de l'île d'Elbe; et l'on exporte toujours en quantité considérable les minerais de Bilbao (8 fr. 75 la tonne).

(1) *Moniteur des Intérêts matériels*, 27 mars à 24 avril 1881.

Production directe du fer et de l'acier (1). — De nouveaux essais de production directe du fer viennent d'être exécutés aux États-Unis et en Angleterre, d'après une procédé imaginé par M. Dupuy. Le minerai est broyé, puis mélangé intimement avec 15 à 18 p. c. de poussier de charbon additionné d'argile alumineuse, de chaux et de sel. Ce mélange est humecté, transformé en pâte, et comprimé sous forme de tuyaux de 0^m40 de longueur, 0^m20 de diamètre et 0^m025 à 0^m030 d'épaisseur. Ces tuyaux sont placés debout dans un four à réchauffer, et portés à la température convenable. Au bout de 2 heures environ, le fer est réduit à l'état métallique : on peut alors le réunir en balles, le passer au marteau-pilon et le laminer immédiatement. La perte de métal ne dépasse pas 15 à 20 p. c. de la teneur du minerai. Le phosphore, le soufre, et les autres impuretés, sont entraînés dans le laitier; et le fer obtenu est, paraît-il, relativement très pur. Cette méthode serait applicable à toute espèce de minerais et de matières ferrugineuses.

D'autre part on annonce que, dans le nord de l'Ohio, on vient d'essayer avec succès un four rotatif cylindrique, chauffé au pétrole, pour l'obtention directe de l'acier. Le four est légèrement incliné et tourne lentement sur son axe. Le minerai, introduit à la partie supérieure par une trémie, descend peu à peu dans le cylindre. En sens inverse passe dans le four un courant de flammes produites par la combustion du pétrole sous l'action d'un jet d'air forcé. Lorsque le métal arrive à l'extrémité la plus basse du four, il s'écoule dans un creuset. Les parois intérieures sont garnies de briques réfractaires recouvertes d'un enduit de graphite (2).

Extension de l'emploi du fer. — Une commission avait été instituée en Belgique dès novembre 1877 pour rechercher les moyens d'étendre l'emploi du fer. Cette commission vient d'élaborer sur cette question, qui est du plus haut intérêt pour l'industrie belge, un rapport dont nous relevons ici les principaux traits.

Le fer remplace aujourd'hui généralement le bois, et souvent même la pierre, pour la construction des ponts; on commence à l'employer, de préférence à la pierre, pour les piles de ponts. Pour les fondations sur pilotis, l'usage des pilots en fer à vis semble aussi plus avantageux que celui des pieux en bois utilisés jusqu'ici. Citons encore l'emploi de plus en plus fréquent du fer, au lieu de bois, pour le plancher des ponts.

(1) *Revue industrielle*, 22 juin 1881.
(2) *Annales industrielles*, 15 mai 1881.

Les écluses sont aujourd'hui faites en métal; et le fer a été essayé avec succès pour les débarcadères, les estacades et les jetées à la mer.

L'usage du fer dans les constructions civiles tend beaucoup à se généraliser, surtout pour les charpentes de couverture et les supports de planchers : il a entre autres l'avantage de prévenir les dangers d'incendie.

Dans l'industrie minière, le fer s'emploie de plus en plus pour les cuvelages des puits, les soutènements des galeries principales, des écuries et des chambres d'accrochage ; pour la construction des appareils d'extraction, bâtiments, belle-fleurs, guidonnages, cages et câbles d'extraction ; pour les planchers de taille, les wagonets, les traverses des voies intérieures ; et aussi pour les maîtresses-tiges des pompes.

La question de l'emploi du fer pour les traverses ou les longrines des voies ferrées est depuis assez longtemps à l'étude, principalement en Allemagne ; de même que celle du remplacement des poteaux télégraphiques en bois par des poteaux en fer.

Le matériel roulant des chemins de fer est aujourd'hui presque entièrement métallique.

Il en est de même des grands navires.

Enfin l'usage du fer est universellement adopté pour les cuirasses et blindages, pour le matériel portatif des camps, et pour l'artillerie.

Affinage des résidus pauvres de plombs argentifères (1). — M. Keith a fait récemment au Polytechnic Club de l'Institut américain une communication relative à une application nouvelle de l'électrométallurgie. Voici en résumé de quoi il s'agit.

Dans le traitement de leurs minerais précieux, les Américains obtiennent un résidu nommé « base bullion, » alliage de plomb avec de très faibles quantités d'argent et d'or, qui ne pouvait jusqu'ici être affiné avec avantage.

M. Keith dissout l'alliage sous forme d'acétate. Dans cette solution, il fait plonger des électrodes consistant en feuilles de plomb ; et il y fait passer un courant produit par la machine électro-dynamique. Le plomb renfermé dans la solution se précipite à l'état métallique et vient se déposer en cristaux sur la cathode ; l'argent et l'or restent dans le bain, d'où l'on peut ensuite les extraire (2).

(1) *Revue industrielle*, 25 mai 1881.

(2) Ceci nous paraît être en contradiction avec les indications fournies par

Les huiles minérales (1). — On sait que les huiles minérales sont des produits goudronneux liquides résultant de la décomposition de certaines variétés de houille, telles que le cannel coal et le boghead, de lignites, de schistes bitumineux, etc.; ou encore des goudrons naturels connus généralement sous le nom de « pétrole. »

L'industrie de la rectification de ces huiles en Écosse a fait l'objet d'une Note adressée dernièrement par M. H. Brunton à la Société des ingénieurs civils de Londres.

La matière goudronneuse, provenant principalement du boghead, est placée dans une cornue et chauffée à une température de 800° Fahr. Les produits qui distillent vont se liquéfier partiellement dans une série de tuyaux; les portions qui passent sont condensées par pression ou au moyen d'une colonne à coke. Les gaz qui échappent totalement à la condensation sont utilisés comme combustible.

L'eau ammoniacale, séparée par décantation des produits huileux, est placée dans un alambic; les gaz qui se volatilisent sont reçus dans de l'acide sulfurique pour la fabrication du sulfate d'ammoniaque.

L'huile brute est soumise à l'évaporation, puis traitée successivement au moyen d'un acide et d'un alcali. Elle est ensuite divisée, par distillation, en huile légère et en huile lourde.

L'huile légère est purifiée encore à deux reprises différentes par le traitement à l'acide et à l'alcali, suivi d'une distillation. Enfin elle est divisée définitivement, par une dernière rectification, en divers produits de densité différente. La partie la plus légère, appelée gazoline, sert à la préparation de l'air carburé pour l'éclairage; la benzine, ou naphte, est brûlée dans des lampes spéciales ou utilisée pour la dissolution du caoutchouc; et la portion la moins légère est employée au raffinage de la paraffine.

L'huile lourde est placée dans un réfrigérant, puis traitée à la presse hydraulique. On obtient ainsi un produit liquide et de la paraffine solide.

La paraffine est raffinée à plusieurs reprises par dissolution dans un bain de naphte, cristallisation sous l'action du froid, et traitement à la presse hydraulique. On la rend incolore en y faisant passer, lorsqu'elle est en solution, pendant 60 heures, un courant de vapeur; en l'agitant ensuite avec du noir animal; et en la coulant, à travers un filtre en papier, dans une série de moules. La paraffine, ou cire minérale, a un

les auteurs qui se sont occupés d'électrolyse. Dans de telles conditions, l'or et l'argent, au lieu de rester dans le bain, devraient au contraire se précipiter avant le plomb.

(1) *Engineering*, 3 juin 1881.

point de fusion variable. Les parties les moins fusibles servent à la fabrication des allumettes ; les autres, mélangées avec une faible proportion de stéarine, sont employées à la fabrication des bougies. Les bougies de paraffine, se convertissant sous l'action de la chaleur en hydrocarbures volatils, brûlent sans fumée, donnent une flamme claire, brillante, et d'un pouvoir éclairant supérieur à celui des bougies spermatiques.

Le produit liquide constitue l'huile lourde à lubrifier.

D'après la *Revue industrielle* (30 mars 1881), cette huile, connue dans le commerce sous les noms de Valvoline, Oléonaphte, huile neutre, etc., est appelée à remplacer, pour le graissage des machines, les graisses végétales et animales employées jusqu'ici.

Elle provient non seulement de la distillation des goudrons artificiels, mais aussi de la rectification du pétrole naturel ; et sa préparation s'effectue déjà à l'heure qu'il est avec une grande perfection. Les parties volatiles en étant éliminées à l'aide d'une température élevée, elle ne commence à émettre des vapeurs qu'entre 215 et 300 degrés, température qui n'est jamais atteinte dans les machines ; et son point d'ébullition varie entre 260 et 360 degrés. Les parties les plus denses et les plus visqueuses (densité à 15° = 0,893) sont spécialement destinées aux machines lourdes ou aux pièces de machines où le frottement est le plus grand, tels que les cylindres et pistons ; et les parties les moins lourdes (densité = 0,871) sont réservées aux autres organes, arbres, etc.

On sait que les matières grasses, au contact de l'oxygène de l'air, se résinifient, s'épaississent et se sèchent peu à peu, perdant ainsi au bout d'un certain temps leurs propriétés utiles. En outre, elles se congèlent aisément. Enfin, elles exercent sur le fer et les autres métaux une action destructive, par le fait de la formation d'un savon métallique ; et, avec la chaux contenue dans l'eau d'alimentation des chaudières, elles donnent un savon calcaire, lequel use les soupapes et les cylindres, et, se déposant sur les parois de la chaudière, les rend moins aptes à transmettre l'action de la chaleur.

L'huile minérale lourde, constituée seulement d'hydrocarbures, ne s'altère point à l'air ; elle reste absolument neutre, et conserve à toute température son pouvoir lubrifiant ; elle est encore liquide à 15 degrés sous zéro, et elle s'épaissit seulement d'une manière très légère dans les temps les plus froids ; elle n'a aucune action sur les organes en métal des machines, ni sur les principes calcaires ; son pouvoir lubrifiant est aussi grand que celui des huiles végétales pures et fraîchement préparées ; enfin elle possède l'avantage de dissoudre les matières grasses résinifiées, et de maintenir toujours à nu les surfaces frottantes.

Le celluloïd. — Tout le monde connaît aujourd'hui le celluloïd. Tout le monde a admiré sa dureté, son élasticité, sa translucidité, et la facilité avec laquelle il se travaille à la façon du bois, de la corne, de l'ivoire ou de l'écaille.

Le commerce le livre à raison de 8 francs le kilogramme, pour la pâte non colorée; et les arts le transforment en peignes, bijoux de fantaisie, dentiers, manches de parapluie, billes de billard, plaques pour la photographie, verre à vitres, etc.

L'invention de cet intéressant produit, mélange de pyroxyline et de camphre, est due, comme on le sait, à MM. Hyatt, de Newarck (New-Jersey), et remonte à 1869. Mais c'est dans ces dernières années seulement que le celluloïd a commencé à être apprécié comme il le mérite, et que sa fabrication a pu être entreprise sur une grande échelle.

Le *Dingler's Polytechnischer Journal* (janvier 1881) nous donne à ce sujet les renseignements suivants :

Cette substance est ordinairement préparée en plaques de $0^m,30$ par $0^m,75$ de superficie, ou encore en bâtons ronds de 1^m de longueur. Lorsqu'elle est brute, elle possède la couleur blonde de la corne; mais ordinairement on la colore de façon à imiter le corail, l'ébène, la turquoise, l'ambre, le jade, l'écaille jaspée, etc.

Une des usines les plus importantes qui s'occupent de la préparation de ce produit, est celle de Newarck (New-Jersey). En Europe, il faut citer d'abord la fabrique de Stains (près de Paris) et sa succursale en Allemagne. On fabrique également le celluloïd à Berlin (Magnus et C°), ainsi qu'à Londres.

Les produits de l'usine de Londres renferment 3 parties de pyroxyline pour 1 partie de camphre; ceux de l'usine de Stains, 2 parties de pyroxyline pour 1 de camphre.

Pour effectuer le mélange intime de ces matières, on peut traiter la pyroxyline sous pression par du camphre fondu; ou bien la mettre en présence d'une solution alcoolique de camphre (Stains); ou encore verser dessus, jusqu'à la recouvrir, un mélange d'alcool et d'éther (Berlin).

Une communication récente, faite à la Société française d'encouragement pour l'industrie nationale, fournit quelques détails sur un des meilleurs procédés de fabrication du celluloïd.

On commence par préparer la pyroxyline. A cet effet, on prend du papier à cigarettes de très bonne qualité, et on l'immerge dans un mélange de 5 parties d'acide sulfurique à 66 degrés et 2 parties d'acide azotique à 42 degrés B., maintenu à la température de 35 degrés environ. Après 12 ou 15 minutes, la cellulose est transformée en pyroxyline. On enlève alors le produit du bain acide, on le lave à l'eau, et on

le triture dans une pile à papier pendant 2 1/2 à 3 heures. La pyroxyline est ensuite blanchie au moyen d'une solution de permanganate potassique, lavée à grande eau et soumise à l'essorage.

La pyroxyline est broyée dans un moulin à meules métalliques, et mélangée dans le même moulin avec la quantité convenable de camphre. Si l'on veut faire du celluloïd opaque, on y ajoute en même temps la matière colorante.

Le mélange est moulé à la presse hydraulique en plaques de 3 millimètres environ d'épaisseur. Ces plaques sont réduites en morceaux et mises à macérer pendant 12 heures avec 25 à 35 p. c. d'alcool à 96 degrés; on y ajoute des matières colorantes solubles dans l'alcool, si l'on veut obtenir du celluloïd coloré et transparent.

La matière est alors traitée au laminoir durant 25 à 35 minutes, à une température de 50 degrés environ. On obtient des feuilles de 12 millimètres d'épaisseur, que l'on coupe et que l'on superpose pour les comprimer ensuite à une température de 60 degrés pendant 24 heures au moyen d'une presse hydraulique. On en retire des blocs de $0^m,12$ d'épaisseur.

Ces blocs sont enfin débités en feuilles dont l'épaisseur varie depuis 2/10 de millimètre jusqu'à 30 millimètres; et ces feuilles sont mises dans une étuve ventilée et chauffée à 55 degrés, pendant un laps de temps qui varie de 8 jours à 3 mois.

Reproduction autographique de l'écriture (1).— On distingue trois catégories de procédés pour la reproduction autographique des dessins et de l'écriture.

Le genre d'appareils le plus simple et le plus généralement répandu est celui qui est basé sur l'emploi d'encres solubles ou communicatives, le plus souvent à base d'aniline.

Tel est d'abord le copie de lettres ou presse à copier ordinaire. On écrit l'original avec de l'encre communicative, et on le reporte sur un papier de soie. On obtient ainsi un négatif, lequel peut se lire par transparence et suffit dans bien des cas pour l'objet que l'on a en vue; mais on peut, quand l'encre est suffisamment riche en principes colorants, tirer de ce négatif plusieurs copies positives en y appliquant avec plus ou moins de pression des feuilles de papier légèrement humides. Quelquefois aussi on produit directement des empreintes négatives sur le dos du papier, en écrivant avec un style ou un crayon très dur, et en pla-

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, février 1880.

çant sous papier une feuille chargée d'une encre de composition particulière : cette encre s'applique sur les reliefs produits par la pression du style (autocopieur Lévy, machine à écrire de Remington, autocopieur Frey, appareil Bauer).

Au lieu de reporter l'original sur un papier de soie, on a imaginé en 1878 de le décalquer sur une plaque composée d'une pâte à base de gélatine. Les épreuves positives peuvent alors s'obtenir en très grand nombre par la simple application sur le report négatif de feuilles de papier collé, sans qu'il soit nécessaire de les mouiller ni d'appuyer fortement. Tel est le principe des appareils connus sous les noms multiples de chromographe, polygraphe, hectographe, vélocigraphe, graphotype, etc. ; comme aussi de l'autographe Davron, des appareils Alisoff et Anderson, des procédés d'autographie polychrome, et du polyautographe expéditif Frey. Ces appareils permettent l'obtention facile et rapide d'un grand nombre de copies ; mais les traits et les dessins sont plus ou moins sujets à y subir certaines déformations ; et en outre ils ont pour la plupart l'inconvénient d'exiger l'emploi d'encre violette d'aniline, laquelle est, comme on le sait, délébile, altérable à la lumière et fatigante à la vue.

La seconde catégorie de procédés fournit des copies à l'encre noire. On écrit l'original de telle façon que les traits pénètrent jusqu'au dos du papier. Le cliché ainsi perforé est placé alors sur une feuille de papier blanc ; et on fait passer dessus un rouleau chargé d'encre d'imprimerie. On peut de la sorte obtenir jusque 500 reproductions. Pour la perforation du cliché, on prend une aiguille très fine animée d'un mouvement d'oscillation rapide, grâce à l'emploi d'un électro-aimant (la plume électrique d'Edison), ou d'un mouvement d'horlogerie (plumes horographiques) ; ou bien on fait jaillir des étincelles électriques entre la pointe du crayon à écrire et une surface conductrice placée sous le papier (crayon voltaïque) ; ou l'on fait usage d'un papier spécial recouvert d'une couche qui devient soluble sous l'action de l'encre (papyrographe); ou bien encore on place sous le papier à écrire une plaque métallique taillée à la façon d'une lime (tripographe, 1879), ou une toile métallique (glyphocorde), et on écrit avec un style dur et en appuyant fortement. Mais, avec ces appareils à clichés perforés, il est assez difficile d'obtenir des traits bien nets et bien réguliers.

Enfin, le troisième mode se rapproche du procédé déjà ancien de la presse autographique. L'écriture est transportée sur une plaque et renforcée au moyen d'encre d'imprimerie ; on fait ensuite le tirage en pressant avec la main. La plaque peut être constituée d'une feuille de zinc recouverte d'une composition de gélatine : celle-ci se sèche sous l'action de l'encre spéciale dont on se sert pour écrire l'original, et elle

perd la faculté de se mouiller au contact de l'eau ; de sorte que l'encre d'imprimerie prend seulement sur le report (schmittotypie). On fait aussi usage de plaques de verre recouvertes d'albumine (appareils Pumphrey) ; ou enfin d'une bande de parchemin végétal enduite d'une composition gélatineuse (autocopiste noir, 1880).

J. B. André.

GÉOGRAPHIE.

Europe. — Nous trouvons dans les journaux les détails suivants sur l'état actuel des travaux du tunnel sous la Manche. Du côté de Douvres deux puits d'une grande profondeur ont été creusés, et de l'un de ces puits une galerie latérale a été poussée sous la mer à une distance de huit cents mètres. Cette galerie est donc dans les mêmes conditions que les houillères de Whitehaven où la couche carbonifère est exploitée à une grande distance sous la mer d'Irlande. La roche au travers de laquelle sera percé le tunnel est une craie grise, que les géologues appellent craie de Rouen, et qui semble former la strate sousjacente du Pas de Calais Cette craie est imperméable, et par conséquent résistera aux infiltrations des eaux dont la pression est énorme à cette profondeur. La galerie qui doit former le noyau du tunnel a sept pieds ($2^m,13$) de diamètre, juste assez d'espace pour permettre aux travailleurs de se tenir debout et de se mouvoir dans tous les sens. Elle est forée au moyen d'une machine inventée par un colonel de l'armée anglaise. Cette machine marche sur des rails et agit comme un bélier.

Du côté de Calais, des puits ont été creusés également et une galerie poussée sous la mer. L'axe de cette galerie correspond à celui de la galerie anglaise ; plus tard elles doivent se rencontrer comme les deux sections du mont Cenis et du Saint-Gothard. La craie de Rouen a été également trouvée sur la côte française, il y a donc identité dans les roches à traverser. La seule chose qui pourrait empêcher le succès, ce seraient des failles dans la strate, mais les sondes exécutées dans le Pas de Calais font espérer qu'il n'y a pas lieu d'en craindre l'existence. Les perforations avancent en raison de trois kilomètres par an. Les deux galeries étant déjà poussées à une distance de huit cents mètres, l'on

vient de décider de les continuer seize cents mètres plus loin de chaque côté. Ce travail prendra six mois, ce qui n'est pas long. Et s'il se fait dans les mêmes conditions de succès obtenues jusqu'ici, l'on poussera hardiment en avant jusqu'au point de jonction au milieu de la Manche.

— Les événements dont Marseille vient d'être le théâtre donnent de l'actualité à la statistique suivante. De tout temps les Italiens ont eu plus de tendance à émigrer en France que les Français en Italie. Cependant ce n'est que depuis une vingtaine d'années que l'immigration italienne a pris des proportions considérables, et c'est naturellement dans le midi de la France qu'elle s'est portée de préférence. En 1851, on comptait en France près de 380 000 étrangers, parmi lesquels 63 307 Italiens. Dix ans plus tard, le nombre des étrangers s'était porté à 479 091 dont 76 599 Italiens. En 1866, on comptait en France 99 624 Italiens, et en 1872, 112 579; en 1876, lors du dernier recensement officiel, leur nombre était monté à 165 313 individus, dont 100 278 du sexe masculin et 65 035 du sexe féminin. Cette colonie italienne réside pour la plus grande partie dans les départements des Bouches-du-Rhône, des Alpes-Maritimes et du Var, où l'on trouve respectivement 61 428, 19 115 et 18 647 soit près de 100 000 Italiens.

—Le *Willem Barents*, parti il y a peu de temps pour une nouvelle expédition dans les mers polaires, a envoyé, le 20 de ce mois, la dépêche télégraphique suivante de Vadöe (Norwège) : « Tout va bien ; nous n'avons pu atteindre au Spitzberg. Une grande banquise complètement fermée s'étend depuis 68° 30′ Lat. par 6° Long. W. jusqu'à 73° 30′ Lat. et 14° Long. E. à 14 milles géographiques d'ici. Le 4 juin nous avons vu quatre navires qui n'étaient pas non plus en état de traverser la banquise. Nous avons trouvé de la glace à 30 milles géographiques au sud de l'île de l'Ours. J'essayerai de m'avancer par la mer de Barents par 72 degrés et compte revenir dans un mois, car il est probable que la Nouvelle-Zemble est encore entièrement fermée par les glaces. » *Handelsblad* du 22 juin.

— Il paraît certain que l'expédition au pôle antarctique projetée par le lieutenant Bove, de la marine royale d'Italie, ne pourra pas avoir lieu faute de fonds suffisants. Le jeune officier italien s'est rendu à Buenos-Ayres afin d'intéresser les Argentins à son entreprise. La Société géographique l'a reçu avec de grands honneurs, a promis son concours pécuniaire à l'entreprise et l'a chaudement recommandée au gouvernement de la république. M. Bove, que son service rappelait en Italie, est retourné dans sa patrie, son expédition, si l'on parvient à en faire les frais, ne devant commencer qu'à la fin de l'anneé.

Afrique. — De nombreux journaux d'Europe, et après eux les journaux d'Égypte, ont parlé de la mort du roi Jean d'Abyssinie, qui aurait été tué dans une escarmouche. Cette nouvelle est controuvée. Le 17 février, époque à laquelle le bruit de sa mort commença à circuler, le Dr Rohlfs prenait congé de lui, et lorsqu'il a quitté l'Abyssinie, le 7 avril dernier, le Négus était encore en parfaite santé. Depuis lors aucun télégramme n'est venu de Massaouah apporter la nouvelle qu'il eût succombé dans quelque combat ou à quelque maladie.(*Exploration*, n° 227.)

Amérique. — Le *Journal* de Sioux City dit que des hommes compétents estiment à 100 000 le nombre de peaux de bisons qui sera expédié cette année de la région du Yellowstone. Le fait est sans précédent dans l'histoire du commerce des fourrures.La dernière saison, il était venu de cette région 30 000 peaux de bisons, et cette quantité était au-dessus de la moyenne. L'hiver passé ayant été très rigoureux et très long, d'immenses troupeaux de bisons s'étaient concentrés dans les quelques vallées où il leur était possible de trouver à brouter, et leur massacre a été continu pendant plusieurs mois. Les Indiens, suivant leur habitude, n'ont tué que la quantité de bisons nécessaire pour se nourrir et se vêtir. Mais les chasseurs blancs, dont le seul objet était de vendre les peaux, ont abattu un nombre énorme de ces animaux et laissé pourrir leurs corps dépouillés. Le *Journal* répète l'observation, qui a été faite déjà des milliers de fois, qu'au train dont les pourvoyeurs des traitants blancs exterminent les bisons, la race de ces utiles animaux ne peut tarder à disparaître entièrement, et que l'on reprochera alors au gouvernement de n'avoir pas pris des mesures pour la protéger contre ces cupides massacreurs.

— Le mois de mai 1881 comptera parmi les plus mémorables dans l'histoire de l'immigration américaine. Dans les 26 premiers jours de mai 1880, il a été débarqué 49 926 passagers d'entrepont, et il en est arrivé 67 382 pendant la période correspondante de cette année. Le tableau suivant montre le mouvement de l'immigration de mois en mois du 1er janvier au 26 mai, 1880 et 1881.

	1880	1881
Janvier	5 677	8 082
Février	7 904	9 753
Mars	21 094	27 708
Avril	45 748	59 748
Mai	49 926	67 382
Totaux	130 349	172 673

L'augmentation pour cinq mois est donc, en comparant les deux années, de 42 324. Le total des émigrants arrivés à New-York l'année dernière a été de 320 607. Si l'afflux continue dans les mêmes proportions jusqu'à la fin de 1881, ce qui est probable, le total s'élèvera à 423 000 en nombre rond. (Journaux américains.)

Océanie. — La Nouvelle-Guinée, dont l'étendue dépasse celle de l'Autriche-Hongrie augmentée de la Pologne, n'a attiré l'attention des explorateurs que depuis quelques années. Même les Hollandais s'en étaient fort peu préoccupés, bien que toute la partie occidentale jusqu'à 141° Long. de Greenwich — environ le quart de l'île — fasse officiellement partie des Indes Néerlandaises. En 1828, il est vrai, ils essayèrent d'y établir une colonie dans la baie du Triton où ils construisirent le fort Du Bus ; mais l'insalubrité du climat les força bientôt à abandonner cette position.

Depuis, leurs navires visitèrent de temps en temps les côtes du nord et de l'ouest, les relevèrent et y placèrent de loin en loin des poteaux aux armes du royaume. Il n'en fut pas de même de la côte méridionale, qui resta pour ainsi dire inconnue, au moins dans la partie sur laquelle ils ont des prétentions. On n'avait quelques maigres renseignements que jusque vers la rivière Outanata, et aucun navire hollandais n'avait dépassé le détroit de la Princesse Marie-Anne ; les difficultés de la navigation, les maladies et le manque de charbon avaient jusqu'ici empêché d'aller plus loin. Le tracé de cette partie de la côte datait du milieu du XVIIe siècle ; à cette époque un navire l'avait longée, mais sans entrer en communication avec les habitants, et l'unique détail qu'il donna sur le pays c'est qu'il y avait aperçu une assez grande quantité de cocotiers. Dans un rapport officiel publié en 1876, on trouve que cette partie de l'île est très probablement entièrement inhabitée, tandis que nous savons aujourd'hui, par la nouvelle exploration du steamer *Batavia*, que la population y est extrêmement dense.

Depuis peu de temps les colons anglais du Queensland ont commencé à envoyer des expéditions pour reconnaître la Nouvelle-Guinée, et ils ne cachent nullement leur intention d'y fonder des établissements fixes. L'Italie également a manifesté l'intention d'y fonder une colonie. Le gouvernement néerlandais voulant éviter plus tard tout conflit de juridiction a envoyé au mois de décembre dernier le steamer à hélice *Batavia*, et l'a chargé d'attacher des écussons à ses armes aux limites et aux endroits les plus apparents de son territoire, de distribuer des drapeaux aux indigènes et de lever la carte de la côte. Le navire quitta Ternate le 3 décembre 1880 et arriva le 24 au 141me degré de longitude. Il éprouva assez de difficulté pour s'approcher de terre à cause d'un banc de sable

et de boue ; enfin il découvrit une passe et put placer l'écusson à l'endroit désigné : cette partie du pays était inhabitée. Ensuite il commença la seconde partie de sa tâche, le lever de la carte. Il revint en serrant la côte le plus près possible. Le 26, on vit les premiers naturels, qui d'abord cherchèrent à éviter les blancs, mais s'apprivoisèrent peu à peu, acceptèrent avec reconnaissance les drapeaux offerts et promirent de respecter et de faire respecter les écussons.

Les habitants forment une race robuste et de taille moyenne. Les uns sont sans barbe, tandis que d'autres ont de longues moustaches crépues. Les femmes, du moins celles que l'on a vues, étaient également bien bâties, mais auraient tort de prétendre à la beauté. Comme la plupart des peuples sauvages ils ont grand soin de leur chevelure, qui est crépue; la plupart, hommes et femmes l'arrangent en petites tresses qui leur pendent sur le dos. Leur peau est d'un brun clair, et presque tous les hommes la teignent en noir, tandis que leur visage est ordinairement miparti noir et rouge, ou noir et gris cendré. Ils se percent le nez et souvent aussi la cloison intérieure qu'ils traversent d'un petit morceau de bambou ; les ailes du nez sont ordinairement ornées de défenses de sanglier; quelques-uns toutefois se contentent d'y mettre du bambou. Leurs oreilles sont également percées et chargées de morceaux de bambou dont le poids les allonge et les fait pendre souvent jusque sur les épaules. Quant au vêtement, il est réduit à sa plus simple expression, on pourrait même dire qu'il brille par son absence, il consiste en une ceinture de rotang à laquelle les hommes portent un grand coquillage, tandis que les femmes y attachent un petit panier également en rotang. Elles portent en outre des colliers et des bracelets de la même substance, et y suspendent des coquilles de nacre ou y enfilent des graines de fruits. Souvent les hommes tressent dans leurs cheveux des feuilles qui leur pendent en éventail sur le dos, d'autres s'ornent la tête d'une couronne de plumes de casoar. Tous avaient l'air doux et prévenant, et ils témoignèrent beaucoup d'amitié aux Hollandais. (Jouruaux hollandais).

L. D.

PHYSIQUE.

—

L'Accumulateur Faure. — Il y a quelques mois, un journal de finance annonçait simultanément une découverte scientifique de premier ordre et la constitution d'une société au capital de..., j'ai oublié le chiffre exact, mais il se nombrait en millions, destinée à l'exploiter. Un instrument que l'on appelait tantôt la pile Faure, tantôt l'accumulateur Faure, avait causé tout cet émoi ; il devait bouleverser, semblait-il, toutes les traditions reçues sur l'éclairage et le transport, il allait distribuer à domicile la force et la lumière. Qu'était-ce donc que cette pile Faure, cet accumulateur Faure? On se le demandait avec un sentiment de défiance inquiète. Les annonces américaines des découvertes d'Edison, l'annonce plus récente de ce merveilleux disque-scie de Reese avaient incliné les esprits à la prudence extrême.

Le 16 avril, M. Dumas présenta à l'Académie des sciences une note de M. Reynier sur la pile secondaire de M. Faure, et dès lors il fut possible de se faire une idée suffisamment précise de l'appareil. Nous reproduisons cette note tout entière, si étendue qu'elle soit, parce qu'elle est le premier document sérieux relatif à la découverte.

« Les belles recherches de M. Gaston Planté sur la polarisation des voltamètres ont conduit ce savant physicien à l'invention des couples secondaires à lames de plomb devenus classiques, ces couples accumulent et emmagasinent pour ainsi dire l'électricité produite par un électromoteur quelconque. On sait que M. Planté est parvenu à donner à ses couples une capacité d'emmagasinement assez grande, au moyen de charges et de décharges successives opérées méthodiquement, ce travail de formation ayant pour effet « de développer à la surface du » plomb, et jusqu'à une certaine profondeur dans l'épaisseur des lames, » des couches d'oxyde et de métal réduit, dont l'état de division est favo- » rable au développement du courant secondaire (1). »

» Un couple Planté, $0^m,950$ de surface, convenablement formé, peut emmagasiner une quantité d'énergie électrochimique capable de rougir pendant dix minutes un fil de platine de $0^m,001$ de diamètre sur $0^m,08$ de longueur.

» Ces résultats importants ont reçu diverses applications pratiques ; mais c'est surtout pour les recherches scientifiques que M Planté s'est appliqué à en tirer parti. Par la décharge en tension d'un grand nombre

(1) Gaston Planté. *Recherches sur l'Électricité.*

de couples secondaires, préalablement chargés en quantité, il est parvenu à obtenir des tensions électriques très élevées, qu'il a encore accrues à l'aide de sa machine rhéostatique.

» Pendant que la pile Planté prenait ainsi dans les laboratoires une place de plus en plus importante, quelques ingénieurs voyaient en elle la solution générale du transport et de la distribution de l'électricité, et par conséquent de l'énergie sous toutes ses formes : force, chaleur, lumière, énergie chimique, etc. Mais pour obtenir ces résultats il fallait donner à l'appareil une plus grande capacité d'emmagasinement, avec un poids et un volume moindres.

» Les essais infructueux tentés dans ce but par divers électriciens avaient mis en relief les difficultés du problème. La solution semblait donc renvoyée à une date lointaine, quand M. Faure est venu apporter d'importants perfectionnements, qui permettent d'obtenir l'accumulation industrielle de l'électricité.

» La pile secondaire de M. Faure dérive directement de la pile Planté ; ses électrodes sont en plomb et plongent dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique; mais sa formation est plus profonde et plus rapide. Dans la pile Planté, la formation est limitée par l'épaisseur des lames de plomb. M. Faure donne rapidement à ses couples un pouvoir d'accumulation presque illimité, en recouvrant les électrodes d'une couche de plomb spongieux, formée et retenue de la manière suivante.

» Les deux lames de plomb du couple sont individuellement recouvertes de minium ou d'un autre oxyde de plomb insoluble, puis entourées d'un cloisonnement en feutre, solidement retenu par des rivets de plomb ; ces deux électrodes sont ensuite placées, l'une près de l'autre, dans un récipient contenant de l'eau acidulée. Si elles sont d'une grande longueur, on les roule en spirale comme l'a fait M. Planté. Le couple étant ainsi monté, il suffit, pour le former, de le faire traverser par un courant électrique, qui amène le minium à l'état de peroxyde sur l'électrode positive, et à l'état de plomb réduit sur l'électrode négative. Dès que toute la masse a été électrolysée, le couple est formé et chargé.

» Quand on le décharge, le plomb réduit s'oxyde et le plomb peroxydé se réduit, jusqu'à ce que le couple soit redevenu inerte. Il est alors prêt à recevoir une nouvelle charge d'électricité.

» Pratiquement, on peut emmagasiner ainsi une quantité d'énergie capable de fournir un travail extérieur de un cheval-vapeur pendant une heure dans une pile Faure de 75 kilogr. Des calculs basés sur les données de la thermochimie nous démontrent que ce poids pourra être beaucoup diminué.

» Le rendement de la pile secondaire de M. Faure, peut, dans certaines conditions, atteindre 80 pour cent du travail dépensé pour la charger. Dans une prochaine note, je montrerai que ce rendement élevé,

d'ailleurs constaté par des expériences précises, est en parfait accord avec la théorie.

» Quant aux résultats industriels considérables que nous promet, à bref délai, l'accumulateur d'électricité de M. Camille Faure, nous n'en parlerons ici que pour en rapporter en grande partie le mérite aux travaux persévérants et désintéressés de M. Planté, qui ont été le point de départ de l'invention soumise aujourd'hui à l'Académie. »

J'aime à constater tout d'abord que M. Reynier s'empresse de reconnaître, avec toute la loyauté et la délicatesse convenables, les droits de M. Planté. La note que l'on vient de lire commence et finit par son nom. C'était justice. L'accumulateur Faure n'est pas une invention nouvelle : c'est une forme nouvelle de la pile Planté. Certes, je ne voudrais diminuer en rien le mérite de M. Faure, ni la valeur de la modification ingénieuse qui caractérise son appareil ; mais il importe, après tout le bruit, tout le tapage que le monde financier est venu faire autour de nos laboratoires, il importe, dis-je, de faire à chacun la part juste.

L'accumulateur de M. Faure, comme la pile de M. Gaston Planté, est un voltamètre dont les larges électrodes de plomb baignent dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique.

Durant la période de formation, M. Planté développe, par électrolyse, sur la lame positive une couche d'oxyde plus ou moins profonde, tandis qu'il donne à la lame négative sa pureté et son éclat métallique.

Ce travail de formation est facilité dans l'accumulateur de M. Faure par un artifice mécanique : les lames y sont préalablement enduites d'une couche de minium qui passe à l'état de peroxyde d'une part, à l'état de métal de l'autre.

La différence est là, tout entière.

Sans doute, comme le dit M. Reynier, « Dans la pile de M. Planté, la formation est limitée par l'épaisseur des lames de plomb » Mais n'est-elle pas limitée de même dans l'accumulateur Faure? Tout au plus celle-ci gagne-t-elle l'épaisseur minime de la couche d'oxyde dont on l'a recouverte à la main.

L'introduction de la lame de feutre entre les deux électrodes a de grands avantages pratiques : elle assure l'isolement des deux lames de plomb qui, très souvent, en s'affaissant sur elles-mêmes, ou par un choc brusque donné à l'appareil, arrivent au contact et exigent dès lors que l'on remonte tout l'appareil. Mais dès 1860, lors de ses premiers essais, M. Planté séparait ses deux électrodes par une bande de toile épaisse.

Quoi qu'il en soit d'ailleurs, et si minime que puisse paraître une modification introduite dans un appareil, c'est par les résultats qu'il en faut juger. Or il se trouve dans la note de M. Reynier deux chiffres qui les mesurent.

Un accumulateur du poids de 75 kilogrammes emmagasine une quantité d'énergie capable de fournir un travail extérieur de 1 cheval-vapeur pendant une heure.

Le rendement de la pile secondaire de M. Faure peut, dans certaines conditions, atteindre 80 pour 100 du travail dépensé pour la charger.

Depuis lors, M. W. Thomson a donné, dans une lettre à laquelle on a fait un retentissement immense, le résultat de ses recherches personnelles sur l'accumulateur Faure. Un couple chargé lui a fourni 260 000 pieds-livres d'énergie ; le pied-livre étant de 0, 137 kilogrammètre, ce nombre équivaut à 35 620 kilogrammètres. Les couples Faure renferment au moins 8 kilogrammes de plomb utile, donc l'emmagasinage serait de 4 450 kilogrammètres par kilogramme.

D'autre part M. Reynier, dans une seconde note présentée à l'Académie des sciences, étudie théoriquement le rendement des accumulateurs Faure.

En appelant E_0 la force électromotrice initiale de la source électrique extérieure servant à la charge ;

E_1 la différence de potentiel aux deux extrémités du conducteur exploité pendant la décharge ;

T_0 le travail dépensé pendant la charge.

T le travail utilisé pendant la décharge dans la résistance exploitée, il arrive à trouver pour le rendement φ la valeur suivante :

$$\varphi = \frac{T}{T_0} = \frac{E_1}{E_0},$$

formule indépendante des résistances et des temps de charge et de décharge.

C'est la formule générale du rendement de toutes les piles secondaires.

En l'appliquant à l'accumulateur Faure, dans lequel la force électromotrice est représentée par 2 volts 15, et la résistance par 0 ohm, 006, il arrive à donner une valeur de $\varphi = \frac{E_1}{E_0} = \frac{0,9}{1,1}$,

soit 81 pour 100.

Le travail récupéré par seconde et par couple pendant la décharge serait égal à

$$\frac{E^2}{g(R+R_1)} 6^{\text{kgm}}, 3.$$

Arrêtons-nous un instant à ces chiffres.

Nous avons dit que, d'après les calculs de sir W. Thomson, l'accumulateur Faure pouvait emmagasiner 4500 kilogrammètres d'énergie par kilogramme de métal utile. M. Frank Géraldy, partant d'expériences

faites en public, avait donné un chiffre approximatif oscillant entre 3750 et 4500. On peut s'en tenir à ce dernier chiffre, d'autant plus que bien certainement M. Frank Géraldy n'a aucun intérêt financier dans la Société *Force et Lumière*. Mais M. Frank Géraldy a étudié de même la pile Planté, et il lui trouve un pouvoir d'emmagasinement égal à 3450 kilogrammètres.

Le rapport entre les deux appareils est donc de 1 à 1,30; ce qui constitue un incontestable avantage à la pile Faure.

Le rendement des piles Faure est de 81 pour 100, d'après les calculs de M. Reynier.

La formule qui leur sert d'appui et que nous avons donnée plus haut,

$$\varphi = \frac{T}{T_0} = \frac{E_1}{E_0},$$

prend la forme très simple que voici, quand on la traduit en langage vulgaire :

Le rendement de la pile est le rapport de l'énergie employée pour la charge, à l'énergie restituée pendant la décharge. — Ou bien encore, le rapport du travail fourni pendant la charge au travail rendu pendant la décharge.

Ces énoncés ont sans aucun doute la simplicité d'une définition, mais de même qu'une définition ils n'ont aucune valeur démonstrative.

Quand M. Gaston Planté voulut déterminer le rendement de sa pile secondaire, il recourut à un procédé expérimental, fort simple assurément, mais qui avait lui, la valeur démonstrative d'un fait. Il établit en rapport avec deux éléments Bunsen un élément secondaire et l'y laisse jusqu'à ce qu'il ait atteint son maximum de charge. Durant le même intervalle, deux autres éléments Bunsen de même surface sont employés à recouvrir d'un dépôt de cuivre une lame de platine, préalablement pesée. Le poids du métal ainsi déposé mesure le travail des piles qui ont chargé l'élément secondaire.

Aussitôt après que celui-ci a atteint son extrême limite de charge, on l'emploie à son tour à couvrir de cuivre une lame de platine de même dimension que la première. Le poids du dépôt métallique dans ce dernier cas mesure le travail rendu par l'élément secondaire. Or le rendement de la pile Planté ainsi mesuré atteint 89 pour 100.

En résumé, il me semble que la valeur de l'accumulateur Faure — à nous en tenir aux chiffres donnés jusqu'aujourd'hui — ne dépasse guère la valeur de la pile Planté. Rien n'explique pourquoi la vogue s'est attachée soudainement à celui-là, tandis que celle-ci, depuis plus de 20 ans, se trouvait prête à rendre les mêmes services.

Il est bon d'insister sur cette date : c'est en 1860 que M. Planté con-

struisit sa première pile secondaire. Après cela comment apprécier la naïveté d'un savant anglais, passant la Manche avec un accumulateur Faure, il y a quelques semaines, et jetant aux quatre vents du monde ce cri de triomphe : « Merveille ! J'ai sous le bras de l'électricité emmagasinée que j'apporte de France. » Il y a vingt ans que nous savions cela.

En vérité, M. Thomson est aussi étonnant. Il cite une expérience chirurgicale exécutée avec la pile Faure par le professeur Georges Buchanan; mais il y a dix ans au moins que M. Trouvé a imaginé toute une série d'appareils médicaux, fonctionnant tous sous l'action du courant secondaire des piles Planté. J'ai cité moi-même dans cette Revue toutes les applications chirurgicales de cette pile.

Je le répète, il s'est fait autour de l'accumulateur Faure un tapage extra-scientifique qui a dérouté pour un moment les esprits : il importe d'écarter tous ces éléments de trouble.

J'ajouterai volontiers ces mots extraits de la *Revue scientifique* du 14 mai : « Notre espoir le plus sincère est que cette invention fort ingénieuse soit ramenée à de plus justes proportions, jusqu'au jour où des faits éclatants, des expériences publiques, viendront établir que la science s'est enrichie d'une nouvelle découverte considérable. Ce jour-là, qu'on n'en doute point, nous serons les premiers à applaudir. »

Mais, indépendamment de la valeur relative de telle ou telle forme de la pile secondaire, on peut se demander le rôle que ces piles emmagasinantes sont appelées à jouer dans l'avenir, et je veux m'y arrêter un instant.

La question a été soulevée par un discours de M. Philippart qui fut comme le programme de la Société *Force et Lumière*.

Ce financier célèbre promettait, résumant lui-même tout son programme dans le titre de la société qu'il fondait, d'emprunter à l'électricité des piles secondaires la lumière et la force — de disséminer, de répandre, de transporter à domicile la lumière et la force. Le tout dans des conditions économiques assez avantageuses pour assurer aux capitaux qu'il sollicitait un intérêt enviable.

Si l'on met à part le succès financier, dont une revue scientifique peut n'avoir aucun souci, dans toutes les promesses que nous venons de dire il n'y a qu'un point nouveau, encore la nouveauté est-elle moins dans le fond que dans la forme.

Que l'on puisse emprunter à l'électricité de la lumière ce n'est certes pas une nouvelle.

Qu'on puisse lui emprunter une force motrice. C'est bien vieux également. Il faudrait remonter très haut pour rencontrer la première application de l'énergie électrique ainsi transformée. Mais n'est-ce pas de nos jours la grande question de résoudre le problème de l'éclairage élec-

trique, et n'a-t-on pas vu des champs entiers labourés par une force motrice issue des machines magnéto-électriques ?

La question du transport des sources électriques elles-mêmes n'était pas absolument neuve, car depuis longtemps on aurait pu monter, à l'usine centrale, des piles primaires dressées en batteries et les transporter à domicile. Toutefois il y avait ici un côté nouveau à exploiter. La pile secondaire emmagasine, et en la transportant on pouvait faire de l'électricité ce qu'on fit autrefois du gaz portatif dans quelques-unes de nos grandes villes. Il pourra arriver en effet, et il arrivera sans doute, qu'une usine électrique centrale, après avoir établi sa canalisation à travers les grandes artères d'une ville, se trouvera appelée à desservir des points fort éloignés de cette canalisation elle-même, ou d'un accès très difficile. Il y aura lieu pour elle de recourir alors aux piles secondaires et de les transporter là où la canalisation ne saurait atteindre. Sans doute, il faudra que d'ici là la pile secondaire subisse des modifications nouvelles, et en particulier un grand allégement de son poids : mais il ne faut pas désespérer de les voir se réaliser un jour.

Les machines centrales de l'usine fonctionneraient le soir, pour éclairer directement les points en contact avec les ramifications multiples de la canalisation électrique ; et durant le jour, elles serviraient à charger les piles secondaires destinées au transport. Il y a là une application industrielle qui certes mérite l'attention.

Quant à l'application des piles secondaires comme sources de travail, il en faut dire ce qu'il faut dire des piles primaires et de toutes les sources d'électricité. Au point où nous en sommes, ce n'est que dans des cas tout à fait exceptionnels que cette application peut être économique.

On a vu sur les boulevards de Paris un vélocipède mis en mouvement par des piles Planté ; plus récemment M. Trouvé a remonté la Seine dans un canot dont l'hélice était actionnée par des piles Grenet, au bichromate de potasse. Dans les ateliers de « la Belle Jardinière » des machines à coudre et une scie à couper les étoffes fonctionnent par les courants superflus de la bobine Gramme qui fournit l'éclairage.

Mais de là à l'installation de grands moteurs électriques, il y a un abîme. Que l'on me permette une comparaison. Dans nos laboratoires nous chauffons à l'alcool de petites machines à vapeur destinées à la démonstration des cours. C'est bien une preuve que l'alcool pourrait servir à chauffer les grandes. Mais qui songera jamais à substituer l'alcool à la houille dans les foyers de nos usines ?

Modification du circuit induit dans les bobines de Ruhmkorff. — La *Revista scientifico-industriale* de Florence rend compte d'une série d'expériences, dues à MM. G. Scarpa et L. Baldo, et qui semblent

devoir amener une modification profonde dans la construction des bobines d'induction de Ruhmkorff.

MM. Scarpa et Bardo construisaient une de ces bobines ; ils avaient enroulé le fil induit, sur trois compartiments distincts et mobiles le long des spires du fil inducteur. Le fil avait dans chacun de ces compartiments 3500 mètres de longueur sur $0^{mm},2$ de diamètre; des bornes fixées aux joues de ces compartiments servaient à relier bout à bout les fils qu'ils portaient. Or, quelle que fût la position qu'occupât le compartiment moyen entre les deux compartiments extrêmes, la longueur de l'étincelle demeurait invariable. L'idée vint alors aux constructeurs d'enlever le compartiment moyen et de relier entre eux à travers le vide qui les séparait, les deux compartiments extrêmes : le résultat ne fut pas modifié, l'étincelle persista aussi longue et aussi nourrie.

Ce résultat est assurément remarquable.

Il s'ensuivrait que, dans nos bobines actuelles, tout le fil enroulé sur la partie moyenne du noyau inducteur est sans action appréciable, et qu'il joue le simple rôle d'un fil de jonction.

Il est à désirer que ces expériences soient bientôt reprises, mais leurs conclusions n'ont rien que de très probable. Le noyau inducteur, hélice et fer doux, constitue en réalité un aimant, dans lequel le magnétisme se distribue comme l'on sait : maximum aux deux extrémités polaires, son intensité décroît rapidement pour devenir nulle dans la région moyenne. L'action inductrice de l'aimant varie proportionnellement à cette intensité : il n'y aurait donc rien d'étonnant à constater qu'elle est nulle dans tout le fil induit qui s'enroule autour de cette région moyenne. Peut-être même conviendrait-il d'aller plus loin, et de donner au fil induit, en chaque point du noyau inducteur, des longueurs proportionnelles à l'intensité magnétique en ce point même.

Victor Van Tricht, S. J.

HYGIÈNE.

Poids du nourrisson pendant la première année. — En évaluant à 3250 grammes le poids de l'enfant à sa naissance, il devra peser, à la fin de son premier mois, 4000 gr. Il aura ainsi gagné 750 gr. Pendant le 2e mois, il en va gagner 700, le 3e, 650 ; le 4e, 600 ; le 5e 550 ; le 6e, 500 ; le 7e, 450 ; le 8e, 400 ; le 9e, 350 ; le 10e, 300 ; le

11e, 250 ; le 12e, 200. La somme de tous ces bénéfices élève ainsi son poids à 9000 grammes à la fin du 12e mois. Ces données approximatives, faciles à retenir, ne sont certainement pas exagérées, du moins quand il s'agit d'enfants bien portants. Peut-être même, sont-elles souvent inférieures aux résultats réels. Elles sont dans tous les cas bonnes à connaître, et elles pourront, en maintes circonstances, éveiller utilement l'attention des parents. Il n'est pas rare, en effet, de les voir satisfaits de la santé de leurs enfants, alors qu'à des yeux moins prévenus et moins intéressés les nourrissons parraissent chétifs, et que la balance révèle en eux une notable infériorité de poids. Il ne faut pas oublier toutefois que ces chiffres ne donnent que des moyennes. Fussent-ils supérieurs au poids du nourrisson, l'état de ce dernier pourrait cependant être satisfaisant. Aussi n'est-ce pas une seule pesée qui puisse nous renseigner complètement à cet égard. Si des pesées faites à divers intervalles, nous donnent une progression constante et rapprochée de celle que nous avons donnée, nous pourrons n'avoir rien à craindre de l'état du nourrisson (1).

Propriétés antiseptiques de l'éther nitreux. — Nous avons eu l'occasion déjà de parler de quelques substances désinfectantes ou antiseptiques, et particulièrement du chlore et de l'acide sulfureux (2). Un corps, connu depuis longtemps, vient d'être présenté à l'Académie des sciences de Paris, comme doué de propriétés antiseptiques tout à fait remarquables et supérieures à celles des substances que nous employons dans ce but. D'ailleurs, parmi ces substances les unes ne sont que désinfectantes, c'est-à-dire que leur action se borne à masquer les mauvaises odeurs de la putréfaction, sans arrêter celle-ci ; les autres sont bien désinfectantes et antiputrides à la fois, mais doivent être employées à dose si considérable pour cela qu'elles s'attaquent à nos propres tissus. En pratique, elles sont d'un usage trompeur ou dangereux. Des expériences comparatives ont été faites avec le chlore, l'acide phénique, l'acide azoteux, l'ozone,.. l'éther nitreux. On enfermait ces différents corps dans des ballons de verre, d'une capacité de 10 litres environ, en soumettant à leur action des liquides très altérables : lait, sang et d'autres substances. Ils donnèrent ou des résultats nuls (chlore) ou plus ou moins passagers (ozone, ac. phénique) ou des plus complets et des plus concluants (éther nitreux seul). Si l'on considère que celui-ci agit à petites doses (3), qu'il a une odeur agréable, on conçoit le rôle qu'il est appelé

(1) Les chiffres sont ceux que donne le *Journal d'accouchements*, 30 décembre, 1880.

(2) *Revue des questions scientifiques*, juillet 1880.

(3) Quelques grammes.

à jouer dans le domaine de l'antiseptie. Mais c'est un tout nouveau venu, et il est prudent d'attendre, avant de le prôner davantage, que d'autres expériences viennent confirmer ses brillantes promesses. M. Peyrusson, qui a découvert la propriété de l'éther nitreux, a remarqué qu'un simple mélange d'alcool (à 90° ; 4 parties) et d'acide azotique (à 36° ; 1 partie) donne le même résultat que lui.

Sevrage de l'enfant. — 1° Ne jamais sevrer un enfant avant la sortie de ses premières dents;

2° Ne jamais sevrer l'enfant, pendant le travail de la dentition;

3° Ne jamais le sevrer brusquement ;

4° Ne jamais le sevrer pendant l'été.

Telles sont, d'après le Dr Brochard, les quatre règles auxquelles on ne peut déroger, quand il s'agit de sevrer un enfant. Nous y souscrivons volontiers avec cette réserve, toutefois, que la dernière condition n'est pas toujours réalisable. On peut être forcé de sevrer l'enfant pendant l'été, et nous convenons qu'il faut procéder alors avec la plus grande prudence.

La sortie des dents canines est ordinairement pénible, et, s'il est possible, il est préférable de ne sevrer l'enfant qu'après cette éruption. Si l'on ne peut attendre cette époque, le sevrage devra avoir lieu aussitôt après la sortie de la 12e dent, ou au moins de la 6e, car l'apparition de ces dents est habituellement suivie d'un moment de repos plus ou moins long.

Dans tous les cas, il faut éviter un sevrage brusque. Et cependant, il est des circonstances où une maladie grave et subite de la nourrice, ou un motif impérieux quelconque, forcent à renoncer subitement à l'allaitement naturel. Tâchons de ne point nous laisser prévenir. Et c'est pourquoi, vers le 4e et le 5e mois, il convient de faire intervenir, dans le régime du nourrisson, le lait de vache et de temps en temps une bouillie féculente (biscotte). Chaque jour un ou deux de ces petits repas artificiels remplaceront les repas au sein et, s'il devenait nécessaire de suspendre l'allaitement, on pourrait avec moins d'inconvénients, et peut-être sans inconvénient, prendre plus de lait de vache et plus de bouillie. Car, après le sevrage, ces substances doivent fournir longtemps encore la base de l'alimentation de l'enfant.

Quant à l'eau d'orge, dont on use et abuse tant, surtout la nuit, nous n'en sommes point partisan. Trop peu substantielle et trop encombrante, elle a le grand tort de remplacer trop souvent des repas plus réparateurs, de s'altérer facilement et de donner lieu à des digestions imparfaites. Il n'est d'ailleurs pas difficile, une fois l'enfant sevré, de l'amener en peu de jours à ne rien prendre la nuit. Il est souvent lui-même le premier à ne

vouloir rien accepter la nuit, en dehors du sein et, ce qu'il refuse d'abord par caprice, il le refusera bientôt par habitude (1).

Altérations du lait dans les biberons. — A la température de nos appartements, surtout par les grandes chaleurs, le lait s'altère très vite dans les biberons. En analysant le contenu des biberons en usage dans les crèches de Paris, M. Fauvel, chimiste au laboratoire municipal, trouva le lait acide, à demi coagulé et renfermant de nombreux microbes, organismes microscopiques animés. Le tube en caoutchouc contenait les mêmes germes et, de plus, de nombreuses végétations cryptogamiques étaient accumulées dans la tétine du biberon.

Cette découverte donna lieu à une enquête générale dans toutes les crèches. Sur 31 biberons, 28 présentèrent les germes dont nous venons de parler. Et pourtant la plupart étaient entretenus avec soin. C'est qu'il est difficile, peut-être même impossible, sans le secours d'une préparation antiseptique, de nettoyer entièrement l'intérieur des tubes et des biberons. Évidemment ces organismes ont une influence fâcheuse sur la composition du lait et partant sur les voies digestives du nourrisson. Mais le rôle n'en est pas encore bien déterminé et ce que nous venons de dire n'a d'autre but que de nous mettre en garde contre l'usage du biberon. Ne conviendrait-il pas de revenir à une ancienne forme, aplatie en losange et dont une des extrémités, percée d'un trou, était coiffée d'un simple embout de caoutchouc, facile à retourner et à laver ainsi entièrement.

Les vaccinations charbonneuses. — Les expériences de M. Pasteur sont vraiment devenues la question à l'ordre du jour dans le monde scientifique. C'est qu'en effet les résultats pratiques qu'elles comportent sont immenses. Il s'agit d'annihiler les effets d'un virus qui, chaque année, enlève des existences humaines et fait de grands ravages parmi nos animaux domestiques. Partant de cette idée qu'un virus d'une certaine énergie atténue ou rend inerte un virus de même nature mais plus énergique, M. Pasteur mit à profit ses belles expériences sur la culture des germes. Un troupeau de 60 animaux, 58 moutons et 2 chèvres, fut mis à sa disposition. Sur ce nombre, dix, laissés en réserve, servirent de point de comparaison ; vingt-cinq furent inoculés deux fois : d'abord avec un virus très faible, puis avec un virus plus fort. Ces inoculations n'avaient d'autre but que de leur permettre de résister à un virus plus violent. Enfin les vingt-cinq derniers restèrent indemnes de toute vaccination. Les vingt-cinq moutons vaccinés furent marqués

(1) V. *Le Praticien*, 14 févr. 1881.

à emporte-pièce et laissés avec les autres en troupe commune. Le 31 mai dernier, l'expérience décisive eut lieu, c'est-à-dire l'inoculation d'un virus violent aux cinquante moutons. Trois jours plus tard, le 2 juin, 21 moutons non vaccinés étaient morts, deux succombèrent le même jour et un autre le lendemain. Des vingt-cinq qui avaient subi les inoculations préalables, un seul, une brebis était morte. L'autopsie démontra qu'elle était en état de gestation et que son fœtus avait succombé 10 à 15 jours plus tôt. C'était, d'après M. Pasteur, la mort du fœtus qui avait déterminé celle de la mère. Quoi qu'il en soit de cette opinion, fort contestable, les résultats obtenus parurent des plus convaincants, et ces expériences, faites avec grand apparat, eurent beaucoup de retentissement. Il ne semble pas douteux que c'est aux inoculations préventives que l'on doit la conservation des 24 animaux.

M. Pasteur put opérer de même sur six vaches. Trois subirent d'abord l'inoculation préventive, trois reçurent d'emblée le virus dans toute son énergie. Les trois vaches vaccinées ne semblèrent nullement atteintes par l'insertion du virus ; tandis que les trois autres, si elles n'en moururent pas, en devinrent du moins très malades. Il faut l'espérer, l'expérience ne fera que confirmer les résultats obtenus par M. Pasteur (1).

Utilité des sels de chaux dans l'alimentation. — La proportion si considérable des sels de chaux que l'on rencontre dans l'organisme semble indiquer, *à priori*, l'importance de leur rôle. Le Dr Voit de Berlin a soumis à une alimentation suffisante, quant aux autres principes, mais pauvre en calcaire, divers animaux : chiens, pigeons.... Il a constaté que ce régime n'influençait pas le développement du squelette, mais nuisait beaucoup à sa consolidation. Les os étaient grêles, faibles, bouffis à leurs extrémités, déviés ; en un mot, c'étaient des os rachitiques.

Il est donc nécessaire de faire entrer les sels de chaux en quantité suffisante dans l'alimentation. Il faut de plus qu'ils se présentent sous une forme facilement absorbable, sinon ils passent dans les selles. C'est ce qui a lieu, d'ailleurs, sous l'influence de troubles digestifs, diarrhée...

En dehors du rachitisme et du lymphatisme, certains états physiologiques, la grossesse, l'allaitement, se trouveront bien d'une alimentation calcaire. La mère et la nourrice pourront ainsi transmettre à l'enfant, sans préjudice pour elles-mêmes, la quantité de chaux dont il a besoin. La solution de chlorhydro-phosphate est une des meilleures à leur recommander.

(1) *Bulletin de l'Académie de médecine.*

Traitement préventif de l'infection paludéenne. — Cette affection qui se caractérise le plus ordinairement par des accès de fièvre intermittente est une de celles qui reconnaissent pour origine l'introduction dans l'organisme d'un germe microscopique. Le professeur Tommasi-Crudeli a reconnu que ce microbe appartient au genre *Bacillus*, et il s'est bientôt demandé quelle substance pourrait l'empêcher de se développer dans notre économie. Il pense que l'arsenic jouit de ce privilège, et il n'y aurait à cela rien de bien surprenant, puisqu'il est acquis, en effet, que l'arsenic est un de nos meilleurs agents de traitement contre les fièvres intermittentes rebelles. En tout cas, M. Tommasi-Crudeli a administré, comme moyen préventif, la liqueur arsenicale de Fowler à des ouvriers obligés de passer l'été dans la campagne romaine. Il les a vus exempts de tout nouvel accès, alors même que de nombreuses attaques antérieures de fièvre intermittente avaient amené en eux un état cachectique prononcé que l'arsenic améliorait et guérissait (1).

La diphtérie et son traitement (2). — Dans un travail, qu'il vient de lire à l'Académie de médecine, M. le Dr Cousot préconise contre cette affection l'injection d'un mucilage tannique, au 1/10. Dans le cas où elle est limitée aux amygdales, au voile du palais et au pharynx (angine couenneuse) les injections se font par la bouche, de deux en deux heures. Il faudrait les pratiquer par les narines, si les fosses nasales ou la face supérieure du voile du palais étaient entreprises. Si le mal s'étendait au larynx (croup), on recourrait à des pulvérisations faites avec la même solution.

En usant de ce moyen M. Cousot et plusieurs de ses confrères ont réuni une statistique comptant 162 guérisons sur 169 cas graves de diphtérie. Et encore, parmi les sept insuccès, faut-il comprendre quelques cas désespérés. C'est évidemment la plus belle statistique que l'on puisse citer dans le traitement de cette terrible maladie. Ce qu'il y a de nouveau dans ce traitement, ce n'est certes pas le médicament, c'est le procédé. Il semble qu'avec lui doit disparaître le pronostic de mort fatale que portait Trousseau, quand il voyait la diphtérie envahir les fosses nasales (3).

En recourant à une solution gommeuse, M. Cousot a eu pour but de fixer plus sûrement sur les parties malades le remède, le tannin qui doit détruire le germe diphtéritique. En l'introduisant par le nez il

(1) Académie de médecine de Paris. Séance du 30 mai.
(2) *Journal d'hygiène.*
(3) *Bulletin de l'Académie royale de médecine*, 3e série, t. XV.

l'attaque sur tous les points sans lui laisser le moindre refuge. C'est ce que prouve sa brillante statistique.

De la transmission de la fièvre typhoïde par l'eau potable (1). — Ce mode de propagation de la fièvre typhoïde est généralement accepté aujourd'hui. S'il demandait de nouvelles preuves, les faits suivants nous sembleraient établir une forte présomption en sa faveur :

1° Dans un petit village du Puy-de-Dôme, à la Côte-Bidon, une petite fille de 13 ans gagne la fièvre typhoïde. Vraisemblablement elle l'a contractée en allant voir un oncle atteint de cette maladie et habitant un village fort éloigné. Quelques semaines plus tard, sur 41 habitants dont se compose le village, 16 souffrent du même mal. Cherchant à en établir le mode d'extension, le médecin reconnaît qu'un seul puits dessert tout le village. Situé dans la partie la plus déclive, il est à ras de terre tout près de la malade atteinte en premier lieu, et d'une construction tellement grossière qu'il permet la filtration directe, à travers ses parois, des liquides qui viennent du dehors. La première malade eut une diarrhée très abondante. Les déjections étaient versées devant la porte de la maison et, avec les eaux qui avaient servi à laver les linges et les eaux de pluie, elles devaient fatalement être entraînées vers le puits. Et pourtant cette même source continuait à alimenter tous les habitants. Il est à remarquer que, parmi les personnes étrangères à la localité et que leurs relations mirent en contact avec les malades, celles-là furent épargnées qui s'abstinrent de boire de l'eau ou de prendre un repas en traversant le village ; tandis que les autres furent toutes successivement atteintes de la fièvre.

Cette épidémie permit au médecin de penser que l'affection ne se propagea point par contagion directe et que, si les immondices accumulées devant chaque demeure furent impuissantes à la faire éclore, elles devinrent par la suite un milieu éminemment favorable à la multiplication des germes.

Le même médecin eut l'occasion d'observer une autre épidémie dans une localité nettement divisée en deux agglomérations et située sur une colline. Une des parties du village en occupe le sommet, l'autre est à mi-côte : sans cause connue, deux enfants de la partie haute sont atteints de fièvre typhoïde. Tout paraît d'abord se borner là, mais dans l'été, sur 3 habitants de la partie basse, le fléau en frappe 14 et en enlève 4. Le médecin ne tarda pas à découvrir que dans cette agglomération un réservoir, tout simplement creusé dans le sol et alimenté par une fontaine

(1) *Bulletin de la Société royale de médecine publique du royaume de Belgique.*

voisine, servait de lavoir aux habitants des deux parties du village. La fontaine ne fournissait qu'à la partie basse l'eau destinée à la consommation. Ceux du haut n'eurent qu'un seul cas de fièvre, mais très atténué et qui ne retint le malade au lit qu'une huitaine de jours.

Dans ces deux épidémies, le médecin crut devoir attribuer à l'eau qui servait à l'alimentation l'extension de la fièvre, et nous pensons que ce n'est pas sans raison.

Dr A. Dumont.

THÉRAPEUTIQUE.

De l'emploi du gaz ammoniac dans quelques maladies de poitrine. — Dans une communication faite à l'Académie de médecine de Belgique, M. le professeur Melsens vient d'attirer l'attention sur les émanations qui se dégagent du carbonate d'ammoniaque, dans le traitement des bronchites chroniques.

Le savant académicien s'appuie sur ces deux principes : 1° Hâter l'absorption des médicaments et choisir la voie la plus sûre, la plus prompte, qui est incontestablement la surface muqueuse respiratoire. 2° Si jamais, dit Mascagni, on découvre un remède efficace contre les maladies de poitrine, ce sera un de ceux que l'on peut appliquer au poumon à l'aide de l'inspiration.

Partant de ce fait, que le séjour dans les étables, où existe une atmosphère ammoniacale, est utile aux phtisiques, M. Melsens conclut que la respiration, continue mais modérée, de carbonate d'ammoniaque pourrait être utile dans d'autres affections des organes respiratoires. Il se décida, à la suite d'une forte bronchite, à faire l'expérience sur lui-même. A cet effet, il porta sur la poitrine un sachet renfermant quelques blocs de carbonate d'ammoniaque; après quelques jours, il fut complètement débarrassé de l'affection, l'amélioration s'étant manifestée dès le premier jour.

Depuis cette époque, il a souvent recommandé ce moyen qui, en définitive, se résume à porter sur la poitrine une étable grosse comme un petit œuf, étable dont on se débarrasse instantanément, si elle devient gênante, ou qu'on éloigne en la mettant dans la poche de son habit. Toujours, dit l'auteur, on s'est bien trouvé de mon conseil, même dans le cas de bronchite chronique très ancienne.

M. Melsens cite le cas d'un médecin qui souffrait depuis longtemps d'une toux opiniâtre, due à une bronchite chronique avec dilatation de bronches compliquée d'asthme, d'emphysème et parfois de laryngite aiguë; il adopta le sachet de carbonate d'ammoniaque et s'en trouva parfaitement soulagé (1).

La médication préconisée par M. Melsens n'est pas neuve. Galien avait déjà proposé les fumigations de corne de cerf pour combattre certaines formes de suffocation. Depuis lors les émanations ammoniacales ont souvent été employées dans le traitement des maladies respiratoires. Je citerai, entre autres auteurs, Smee, Ducros et Rayer, Trousseau, Marshall Hall, Brand, etc.

Il est incontestable que le principe sur lequel cette médication est basée est très juste. C'est un des caractères de la thérapeutique moderne que de chercher à appliquer le remède sur le siège même du mal. Il est si rare de pouvoir atteindre la cause générale des maladies, qu'il faut bien ordinairement se borner à attaquer la lésion locale; très souvent cela suffit pour faire disparaître l'affection dans son entier.

Il est regrettable que jusqu'ici les médecins se soient si peu préoccupés du traitement local des maladies des voies respiratoires. Tandis qu'en Allemagne la médication par les inhalations médicamenteuses a pris une extension très grande, en France, en Belgique, en Angleterre ce moyen est complètement négligé; c'est à peine si les ouvrages pratiques en font une courte mention.

Le discrédit dans lequel est tombée cette méthode de traitement tient, en grande partie, à ce que trop souvent on n'a pas assez étudié l'action des divers médicaments à utiliser. Chaque auteur a préconisé un remède qu'il voudrait appliquer d'une façon générale, sans faire la part de chaque cas individuel.

Je suis tenté de faire le même reproche à la communication de M. Melsens. L'événement prouve l'exactitude de ce que j'avance. La note lue à l'Académie de médecine ayant été reproduite par les journaux politiques, les malades, atteints d'affections de poitrine, se sont empressés d'adopter le sachet d'ammoniaque. Ce sachet est devenu à la mode chez les catarrheux. Il en est résulté des déceptions, voire même des aggravations dans l'état des malades. Il ne faut pas s'en étonner. Les inhalations ammoniacales peuvent avoir leur utilité dans certaines affections de poitrine; mais on ne doit pas les appliquer indifféremment. C'est à reconnaître les véritables indications de ce remède qu'il faut s'attacher. Dans un article très intéressant, un savant praticien de Bruxelles, M. le Dr Jacobs, a fait connaître le résultat des essais qu'il avait faits sur les conseils de M. Mel-

(1) *Bulletin de l'Académie de médecine de Belgique*, Avril 1881.

sens. Or voici les conclusions auxquelles il est arrivé : les inhalations ammoniacales n'ont aucun effet sur la tuberculose pulmonaire, sur la coqueluche, sur les bronchites purulentes ou fétides ; elles rendent l'expectoration plus facile dans les bronchites avec sécrétion opaque et visqueuse (1).

A mon avis, M. Jacobs n'apprécie pas à sa valeur l'action des émanations ammoniacales sur la muqueuse respiratoire. D'après mon expérience personnelle, elles sont très efficaces dans les bronchites chroniques, à forme torpide, chez les personnes âgées, ou à tempérament lymphatique ou scrofuleux. Les Allemands vantent également ces émanations dans le traitement des bronchites aiguës ou dans les exacerbations qui se manifestent dans le cours des bronchites chroniques.

Je ne suis cependant pas aussi partisan que M. Melsens des émanations ammoniacales, telles qu'il les emploie. Le grand reproche qu'on peut faire à la méthode du sachet, c'est qu'il est à peu près impossible de doser la quantité de vapeur inhalée par le malade. Il est bien préférable d'adopter les inhalations de solutions ammoniacales pulvérisées ; on emploie, dans ce cas, le chlorhydrate d'ammoniaque. Cette médication, très usitée en Allemagne, beaucoup trop négligée dans notre pays, offre de grands avantages, qu'il serait trop long de détailler. Je me borne à mentionner la possibilité de doser le médicament, la faculté de faire varier la température du brouillard inhalé, la gymnastique respiratoire qui est nécessairement pratiquée pendant chaque séance d'inhalation.

Je tiens à relever également une erreur commise, d'après moi, par M. Melsens ; je veux parler de son interprétation de l'action du séjour dans les étables. Je suis loin de contester la valeur de ce moyen thérapeutique, qui a été essayé pour la première fois par le Dr Read à la fin du siècle dernier (2) et qui, depuis lors, a été employé avec succès et recommandé par Bergius, Beddoës, Baumes, Lebert, Waldenbourg, Constantin Paul, etc...

Mais M. Melsens attribue à tort, d'après moi, tout le bénéfice du séjour des étables à l'influence des émanations ammoniacales ; d'autres facteurs interviennent encore ; tels sont la constance de la température de cette atmosphère, son état hygrométrique, les émanations aromatiques qui s'y trouvent ; enfin on y joint presque toujours la cure de lait. Tous ces éléments se réunissent pour rendre le séjour des étables éminemment utile dans certaines formes de la phtisie. On ne peut pas conclure de là à l'utilité des émanations ammoniacales dans toutes les affections de poitrine.

(1) Sur l'emploi du gaz ammoniac dans quelques maladies de poitrine, par le Dr Jacobs, de Bruxelles (*Presse médicale belge*, 5 juin 1881).

(2) *Essai sur les effets salutaires du séjour des étables dans la phtisie*. Londres et Paris 1767.

De la papaïne comme dissolvant des fausses membranes de la diphtérie et du croup. — Le professeur Rossbach (1) s'applique depuis plusieurs années à essayer le pouvoir dissolvant des différents médicaments préconisés contre les productions diphtéritiques.

C'est ainsi qu'il a constaté que l'action de l'acide lactique, de l'acide acétique, de différents alcalins (potasse, acétate ou carbonate de potasse, etc.) aux doses où on les emploie, est très lente et peu intense. Pour que ces remèdes soient réellement efficaces, il faudrait faire des applications très répétées et se servir de solutions d'une concentration telle que les malades ne pourraient les supporter. L'auteur prétend ne pas avoir retiré plus d'effets des solutions bromo-bromurées, ni de l'eau de chaux; il pense que, si cette dernière est encore la plus employée en Allemagne, c'est qu'on n'a pas de remède meilleur à mettre à sa place.

Il y a un an M. Rossbach voulut s'assurer si la pepsine, le principe digestif du suc gastrique, ajoutée à une solution acidulée ne pourrait pas avoir de l'action sur les fausses membranes en les digérant artificiellement ; mais l'expérience fut tout à fait négative.

Enfin, tout récemment, il parvint à se procurer un gramme de véritable papaïne, ce suc digestif d'origine végétale nouvellement introduit dans l'arsenal thérapeutique. Comme cette substance a la propriété de digérer très rapidement l'albumine et la viande, il voulut en étudier les propriétés physiologiques et thérapeutiques. Il s'assura d'abord que les muqueuses de la bouche et du pharynx supportent bien le contact de la papaïne; l'action de ce suc sur le tissu pulmonaire est également nulle ; le tissu musculaire, au contraire, est digéré en moins d'une demi-heure dans une solution de papaïne.

Pour rechercher les effets sur les productions diphtéritiques, l'auteur prit un morceau assez grand d'une fausse membrane, extraite de la gorge d'un enfant trachéotomisé, et le plaça dans une solution concentrée de papaïne (0.1 sur 2); au bout d'une heure la membrane était déjà divisée en petites parcelles, qui finirent par ne plus constituer qu'un léger nuage blanc grisâtre, se trouvant au fond de la solution. Après 6 heures, la solution était complète et, même au microscope, on ne reconnaissait plus aucun élément figuré; après l'évaporation de l'eau, il restait de petits cristaux, dont la nature chimique ne put être déterminée, mais qui n'avaient pas de réaction alcaline. Cette expérience fut répétée plusieurs fois, les résultats furent toujours les mêmes. L'auteur reconnut que c'est la solution au 200e qui est la plus active, qu'elle n'agit pas plus vite à chaud qu'à froid.

Des fragments des mêmes fausses membranes, si rapidement dissoutes

(1) *Berliner Klinische Wochenschrift.* 7 mars 1881

dans la papaïne, ne furent qu'incomplètement altérées après un séjour de trois jours dans l'eau de chaux, et encore moins dans une solution bromo-bromurée.

Ces expériences ayant épuisé la très petite quantité de papaïne authentique que M. Rossbach possédait, il continua ses expériences avec une autre préparation, avec le suc du *Carica papaya;* c'est de ce suc que provient, au fond, la véritable papaïne.

Ce suc a une action beaucoup plus faible; les fausses membranes s'y dissolvent aussi, mais seulement au bout de douze heures; et encore n'est-ce qu'incomplètement. Cependant le professeur de Würzbourg voulut expérimenter l'action de ce suc chez un malade, âgé de dix-huit mois, qui était traité par le Dr Roch et dont tout le pharynx, les amygdales et les cavités nasales étaient tapissés de fausses membranes. Pendant vingt-quatre heures, on appliqua, soit en badigeonnage, soit en injection, environ cinq grammes de suc de papaya. Dès la première nuit, les amygdales étaient débarrassées et, cinq heures plus tard, tout le pharynx était libre. Malheureusement le larynx était pris : on parvint cependant à agir sur les fausses membranes qui avaient envahi cet organe ; c'est ce qui fut prouvé par l'autopsie. Car l'état de l'enfant était trop grave pour qu'on pût espérer une guérison.

M. Rossbach croit pouvoir conclure que le suc de papaya, et surtout la papaïne, jouissent de la faculté de dissoudre les productions diphtéritiques : ces remèdes se montrent plus efficaces que tous les moyens vantés jusqu'ici.

La même médication a été essayée en France. Dans une communication faite au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences (Session d'Alger du 14 au 21 avril 1881), M. Bouchut dit avoir traité localement la diphtérie par les applications réitérées de papaïne. A l'hôpital des enfants, en quinze jours, sur vingt et un enfants atteints d'angine couenneuse, avec engorgement ganglionnaire et albuminurie, il a fait badigeonner les pellicules membrano-fibrineuses quatre fois par jour ; dans l'espace de trois jours en moyenne les fausses membranes, désagrégées, se détruisant sur place, ont disparu et dix-huit enfants sur vingt et un ont guéri. Les trois enfants qui ont succombé étaient entrés avec une septicémie diphtéritique très avancée, contre laquelle le traitement local par la papaïne ne pouvait rien (1).

En résumé, au début de la diphtérie, lorsqu'elle est locale, la dissolution des fausses membranes par la papaïne paraît être un excellent moyen de traitement. A mon avis cependant, il y aurait lieu d'y joindre

(1) *Bulletin général de thérapeutique*, 30 juin 1881.

le médicament préconisé par M. le Dr Cousot, à savoir les applications locales de tannin, qui empêchent la propagation du processus diphtéritique et préviennent la reproduction des fausses membranes.

Dr Moeller.

ASTRONOMIE.

La grande comète de 1881. — Le 31 mai, une dépêche de sa majesté l'Empereur du Brésil annonçait à l'Europe la découverte d'une comète observée le 29 mai à Rio de Janeiro par M. Cruls. Quelques jours plus tard cette comète pénétrait dans l'hémisphère boréal, tout en se rapprochant de nous, et était enfin visible sur l'horizon de Paris dans la nuit du 22 au 23 juin.

Tous nos lecteurs auront voulu la voir; elle n'a rien de bien effrayant. Son noyau est formé d'un disque qui, aux premiers jours de son apparition dans nos contrées, brillait comme une étoile de première grandeur. Au nord et au sud s'étalent, en s'infléchissant par l'ouest vers le noyau stellaire, deux aigrettes lumineuses ; tout autour et à l'est principalement, se trouve condensée la matière diffuse que les astronomes anciens ont appelée la *chevelure;* puis vient l'atmosphère cométaire qui se prolonge, du côté opposé au soleil, en une queue brillante, se détachant sur le fond du ciel sur une longueur de huit à dix fois le diamètre de la lune (1). M. Janssen a photographié la comète, et M. Huggins a étudié son spectre. Nous reviendrons dans un prochain bulletin sur cette partie des observations.

Le 21 juin, la comète se trouvait à 21 millions de lieues du soleil et à 6 millions de lieues de nous; mais elle s'est rapidement éloignée depuis. Au moment où nous écrivons ces lignes (3 juillet), elle est à 24 millions de lieues du soleil et à 15 millions de lieues de notre terre. Aussi son éclat va-t-il en diminuant. Bientôt elle cessera d'être visible à l'œil nu, et nos plus forts télescopes seront impuissants à la suivre longtemps. Après s'être enfoncée dans l'espace pendant 37 ans, après s'être éloignée de nous de quatre fois la distance qui nous sépare de la planète Neptune, elle reviendra vers le soleil et brillera dans 74 ans sur nos tombes.

(1) *Ciel et Terre,* t. II, p. 177, art. de L. Niesten.

Telle est du moins la durée de révolution que lui assigne le calcul, si, comme tout porte à le croire, la comète de 1881 n'est autre que celle de 1807. Mais comment a-t-on pu vérifier cette identité ?

Depuis que l'on a constaté que plusieurs comètes décrivent des courbes elliptiques et achèvent une révolution dans un temps relativement court, le premier soin des astronomes, lorsqu'un de ces météores vient à paraître, est de faire quelques observations, trois suffisent, qui leur permettent de calculer approximativement les éléments de son orbite, et d'avoir, par conséquent, son signalement. S'il est identique au signalement d'une comète calculée antérieurement, on conclut à l'identité des deux astres. C'est ce qui s'est vérifié pour la comète de 1881 et celle de 1807.

Cette dernière comète fut vue pour la première fois par Parisi, moine italien, le 9 septembre 1807. Quelques jours plus tard, le 20 septembre, Pons l'observait à Marseille. Le nom de ce dernier observateur est resté attaché à la comète. Une note extraite du *Bulletin météorologique* de l'observatoire de Bruxelles, et insérée dans l'article de M. L. Niesten cité plus haut, rappelle les droits de Parisi (1). Mais dans ce même article, à la page même où figure cette note, on lit dans le texte : « Le 20 septembre 1807, Pons, à qui l'on doit de 1802 à 1827 la découverte de vingt-neuf comètes, annonçait la découverte d'un de ces astres errants... » ; et quelques lignes plus bas : « Ce fut près de α (du Serpent) que Pons la découvrit. » Nous continuerons donc à l'appeler la comète de Pons.

Elle resta visible à l'œil nu jusqu'au mois de décembre 1807, et put être suivie, dans les observatoires, jusqu'au mois de mars 1808. C'était la plus brillante qu'on eût vue depuis 1769. Son noyau brillait comme une étoile de première ou de seconde grandeur. Elle parcourut, pendant les six mois qu'elle resta visible, les constellations du Serpent, d'Hercule et de la Lyre. « Le fait le plus remarquable de cette comète, écrivait Olbers le 7 novembre, est la bissection de sa queue ; ce fait me frappa quand je vis la comète pour la première fois le 20 octobre. La comète, telle qu'elle se présente dans un chercheur de comètes, n'avait pas une seule, mais bien deux queues parfaitement distinctes, et séparées l'une de l'autre à environ un degré et demi du noyau (2). La queue du côté du nord était la plus longue, je l'ai vue parfois s'étendre jusqu'à dix degrés en longueur. Elle est très mince, parfaitement droite, et d'une lumière assez pâle. La queue du côte du sud est, au contraire, plus

(1) La comète de 1807 n'a pas été découverte par Pons, comme on le répète partout, mais par Parisi, à Castro Giovanni » *(Bul. mét.* de l'obs. de Brux. 30 juin 1881).

(2) Le diamètre de la pleine lune mesure un demi-degré environ.

courte, quatre degrés et demi environ, plus large, plus brillante et apparemment concave vers le soleil (1). »

D'après Cladni, la matière lumineuse de la queue était soumise à une espèce d'ébullition ; « ce phénomène, dit-il, se montra si souvent, si longtemps et si positivement que je ne puis avoir à ce sujet le moindre doute (2). »

La longue période pendant laquelle la comète de Pons resta visible, permit de recueillir un grand nombre d'observations à l'aide desquelles Bouvard calcula, le premier, les éléments paraboliques de l'orbite ; après Bouvard, Bessel les calcula six fois ; les trois premières fois dans l'hypothèse d'une parabole, les trois autres fois en supposant l'orbite elliptique. Voici les résultats auxquels il parvint ou, si l'on veut, le signalement de la comète de 1807 :

Passage au périhélie, le 18 septembre à 17 ^{h} 5 ^{m} 20 ^{s} ; longitude du périhélie 270° 54′ 42″ ; longitude du nœud ascendant 266° 47′ 11″ ; inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique 63° 10′ 28″, distance du périhélie 0,650363 ; excentricité 0,99548781 ; sens du mouvement héliocentrique, direct ; durée de la révolution 1725, 41 ans (3); ce dernier chiffre semblait du moins le plus probable ; mais cette durée pouvait être comprise entre 1404 et 2157 ans. Notons en passant que Bessel, dans ses calculs, ne put tenir compte de l'action perturbatrice de Neptune sur la comète, puisque, à cette époque, l'existence de cette planète n'était pas soupçonnée.

Dès les premiers jours de l'apparition de la comète de 1881, M. Gould en a calculé les éléments paraboliques. Ils ont été communiqués par M. Faye à l'Académie des sciences, nous les extrayons des *Comptes rendus* : Passage au périhélie 19 juin ; distance périhélie 0,693 ; longitude du périhélie 272° ; longitude du nœud 273° ; inclinaison 64°. Rapprochez ces derniers nombres des éléments correspondants de la comète de Pons ; la coïncidence est frappante. Elle a été confirmée depuis par de nouveaux calculs auxquels les observations faites dans notre hémisphère ont servi de base.

Il est vrai, comme nous l'indiquons plus haut, que Bessel avait attribué à la comète de 1807 une durée de révolution de 14 siècles. Ce n'était pas au XIXe siècle mais au XXXIIIe seulement qu'elle pouvait nous faire sa prochaine visite. Mais cette discordance, si énorme qu'elle soit, n'a rien qui doive nous surprendre.

(1) Cité par M. L. Niesten, auquel nous empruntons ces détails sur la comète de Pons.

(2) Idem.

(3) *Répertoire des constantes de l'astronomie* de M. Houzeau, Éléments des comètes.

Quand il s'agit de calculer les orbites des planètes, bien qu'il n'observe pas ces corps du centre de leur mouvement, l'astronome peut, au moyen de leurs oppositions ou de leurs conjonctions, obtenir leur longitude telle qu'il l'observerait du centre même du soleil. La petite excentricité et la faible inclinaison des plans de leurs orbites sur l'écliptique, rendent très simple le calcul de leurs éléments. De plus, les variations des distances des planètes à la terre ne sont jamais assez grandes pour les dérober à notre observation ; on peut donc les suivre sans cesse et rectifier, par la comparaison d'un grand nombre d'observations, les erreurs que l'on aurait pu commettre. Mais il n'en est pas ainsi des astres errants étrangers à notre système planétaire.

L'astronome doit, pour ainsi dire, saisir les comètes au passage ; il ne les voit que vers leur périhélie, le reste de leur trajectoire se perd dans l'immensité de l'espace. Il faut donc qu'il calcule leurs orbites par quelques observations très rapprochées ; qu'il détermine la nature de ces courbes par l'étude d'un arc relativement très court, celui précisément dont la courbure est la plus prononcée. La solution rigoureuse de ce problème dépasse les ressources de l'analyse ; et force est de recourir aux méthodes d'approximation. Mais ces méthodes sont dangereuses dans une question où de légers écarts peuvent transformer une trajectoire elliptique en une trajectoire parabolique ou hyperbolique, ou changer une ellipse de faible excentricité en une ellipse de très grande excentricité.

Ce n'est pas tout. Le disque nébuleux des comètes rend difficile la précision des observations ; les grandes excentricités de leurs orbites et leurs inclinaisons considérables ne permettent pas de renfermer les perturbations que ces astres éprouvent, dans des formules analytiques qui embrassent, comme celles des planètes, un nombre indéfini de révolutions.

Et cependant ces perturbations peuvent être considérables. Il peut arriver qu'une comète s'approche assez d'une planète pour que son orbite en soit totalement changée ; pour que d'elliptique qu'elle était elle devienne parabolique ou hyperbolique. De là vraisemblablement la perte de certaines comètes.

Parmi les comètes perdues, il en est une dont l'histoire est célèbre et de nature peut-être à atténuer la mauvaise impression que ne manquera pas de produire sur le public la prétendue méprise de Bessel ; c'est celle de 1770.

Lexell avait reconnu que, pendant son apparition, elle avait décrit un arc d'ellipse correspondant à une révolution de 5 ans et 6 dixièmes. Burckhardt confirma ce résultat. Cette comète aurait donc dû reparaître bien des fois ; et cependant, on ne l'avait pas vue avant 1770, et on ne la vit plus après.

Pour expliquer ce double phénomène, Lexell remarqua qu'en 1767 et en 1779 cette comète avait passé fort près de Jupiter. Il prouva que l'influence de la masse de cette planète avait été suffisante pour diminuer, en 1767, la distance périhélie de la comète au point de la rendre visible à la terre en 1770, d'invisible qu'elle était auparavant; et que, par un effet contraire, cette action de Jupiter a pu, en 1779, accroître la distance périhélie de la comète au point de la soustraire dorénavant aux regards de la terre. Laplace a confirmé ces résultats. Plus tard, Le Verrier reprit le même calcul, en tenant compte à la fois de l'influence perturbatrice de Jupiter et de celle de la terre dont la comète s'était approchée de sept fois à peine la distance de la lune; il arriva aux mêmes conclusions.

Les planètes, par leur attraction sur les comètes, peuvent donc ouvrir fortement ou refermer sur elles-mêmes les orbites de ces astres légers. Elles remplissent par conséquent à leur égard un rôle analogue à celui des aiguilleurs sur les chemins de fer, elles obligent les comètes à changer de voie. Mais ces manœuvres ne sont pas toujours prévues; voilà pourquoi les comètes s'égarent ou déjouent l'attente des astronomes.

Or il n'est pas impossible que la comète de Pons, n'ait passé, depuis 1807, dans le voisinage de Neptune: ne serait-ce peut-être pas à l'action perturbatrice de cette planète que nous devons le retour prématuré de la comète?

Mais si les comètes éprouvent, de la part des planètes, de grandes perturbations, elles doivent à leur tour réagir sur ces corps et, par suite, troubler leurs mouvements. On a cherché, en effet, à déterminer les altérations des orbites planétaires, dues à l'action des comètes; mais cette action a été trouvée insensible. L'attraction mutuelle des planètes suffit jusqu'à présent pour expliquer toutes les inégalités du mouvement des planètes et de leurs satellites. Les observations sont représentées, par ce moyen, avec une précision telle que l'on peut regarder comme mathématiquement établi que la masse des comètes est excessivement faible; ce sont des *riens visibles*, disait Babinet. Évidemment c'est là une hyperbole, mais le fond de la pensée est vrai.

Donnons un exemple. D'après les calculs de Laplace, l'action de la terre sur la comète de 1770 a diminué de $2^j,046$ sa révolution sidérale; tandis que l'action de la comète sur la terre, d'après les calculs de Delambre, n'a pas altéré de $2^s,8$, l'année sidérale. On en conclut aisément que la masse de cette comète n'était pas $\frac{1}{5000}$ de celle de la terre. Cette même comète a traversé deux fois le monde de Jupiter; elle ne paraît pas y avoir causé la moindre altération, bien qu'elle ait été elle-même singulièrement affectee de ce voisinage.

Allons plus loin. On a beaucoup écrit sur la possibilité de la rencontre de la terre et d'une comète et sur la catastrophe qui s'ensuivrait. Il est très vraisemblable que dans l'immensité des siècles écoulés quelques-unes des milliers de comètes qui sillonnent l'espace en tous sens ont rencontré les planètes ou leurs satellites ; il ne paraît cependant pas que ces rencontres aient eu sur les mouvements des corps de notre système solaire une influence sensible. Car si l'hypothèse cosmogonique de Laplace est vraie, les orbites des planètes et des satellites ont été dès l'origine ce qu'elles sont aujourd'hui, c'est-à-dire presque circulaires ; leur faible excentricité et la direction commune de leurs mouvements de révolution et de rotation dépendent des circonstances primitives du système planétaire. Les chocs des comètes n'ont rien changé à ce premier état de choses; et cependant si l'une d'elles, rencontrant un des satellites de Jupiter par exemple, avait eu une masse égale à celle de la lune, il n'est pas douteux qu'elle eût pu rendre son orbite très excentrique. L'expérience du passé nous rassure donc sur les éventualités de l'avenir.

Aussi les astronomes ne s'inquiètent-ils guère de l'influence des comètes ; ils ne croient même pas qu'elles puissent nuire à l'exactitude de leurs tables. Le public, lui aussi, commence à calmer ses frayeurs ; les épidémies de fin du monde deviennent plus rares. Un certain public, celui dont parle M. L. Niesten dans la revue *Ciel et Terre*, « rit aujourd'hui en songeant à la facilité avec laquelle les puissants d'autrefois, princes et hommes d'église, avaient su mettre à profit l'ignorance du peuple, exploiter ses croyances superstitieuses » Nous ne croyons pas que ce soit le public sérieux. Celui-là ne se laisse pas prendre à ces insinuations ; parce qu'il sait que, si des préjugés ont existé, cette prétendue exploitation, l'excommunication de la comète de Halley et la bulle de Calixte III sont des fables inventées à plaisir. Les lecteurs de la *Revue des questions scientifiques* en connaissent l'origine et la valeur (1). Mais le public sérieux admettra volontiers avec M. Niesten « que si la comète doit apporter quelque chose avec elle, ce n'est plus ni peste, ni guerre, ni famine, mais bien peut-être des nouvelles sur la constitution des univers lointains et des lois qui les régissent. » C'est plus sérieux, mais moins poétique que la peur. N'est-il pas triste de devoir se dire que, si des comètes ont annoncé jadis le meurtre de César, l'abdication de Charles-Quint, la naissance et la mort de Napoléon, celle de 1881 ne nous promet rien, pas même le bon vin de 1811 ?

(1) *Revue des quest. sc.*, t. I, L'Église et la science, p. 107, et pp 110-119.

La parallaxe solaire déduite des photographies américaines du passage de Vénus en 1874. — Les Américains viennent enfin de publier, sur les résultats du dernier passage de Vénus, la première partie d'un volume intitulé *General discussion of results*. Elle contient les données nécessaires pour déduire la parallaxe solaire soit des photographies du passage, soit des observations optiques des contacts.

Un astronome américain, M. Todd a discuté les résultats fournis par la photographie dans un mémoire inséré dans l'*American journal of science*, et il a présenté, dans une note à l'Académie des sciences, la conclusion de son examen.

Les épreuves photographiques du passage de Vénus étaient au nombre de 213 réparties entre les trois stations américaines de l'hémisphère nord et les cinq stations de l'hémisphère sud. La valeur de la parallaxe déduite de leur discussion est 8″, 883 ± 0″, 034.

La planète Mars et ses satellites (1). — Le 18 août 1877, un astronome américain, M. Asaph Hall, trouvait deux satellites à la planète Mars. L'étonnement que produisit la découverte de deux astres nouveaux dans une région du ciel si souvent explorée, en vue même de la recherche de ces satellites, par W. Herschel, d'Arrest et Lassell, ne fut surpassé que par la surprise que causèrent les caractères singuliers de ces nouveaux hôtes de notre système solaire. Ils semblaient contrarier tellement la théorie cosmogonique de Laplace que quelques astronomes et beaucoup de chroniqueurs scientifiques se prirent à penser qu'on était en présence d'astres réellement neufs, sortis récemment, par une explosion, du sein de la planète, ou recueillis par elle au milieu des innombrables astres vagabonds qui peuplent l'espace. Ces conceptions bizarres ont fini leur temps.

Comment ces satellites ont-ils été découverts ? Quels sont leurs caractères propres ? Comment la théorie de Laplace explique-t-elle leur formation ?

Des satellites extraordinaires conviennent à une planète singulière. Or, la planète Mars, que l'on considère généralement comme l'astre le plus semblable à la terre, constitue, parmi les membres du système solaire, une singularité, un exemplaire unique.

D'abord, Mars est, après Mercure, la planète la plus excentrique de tout le système. Entre ses distances extrêmes au soleil, il y a une différence de 42 millions de kilomètres. C'est à cette circonstance qu'elle

(1) Conférence faite le 5 février 1881 à la Sorbonne par M. Wolf, astronome de l'Observatoire de Paris.

doit d'avoir pu révéler à Képler les lois fondamentales de l'astronomie. De cette excentricité considérable et de l'obliquité de l'écliptique un peu plus considérable pour Mars (28° 42') que pour la Terre (23° 27', résultent des saisons plus prononcées et de durées plus inégales; et par suite, des alternatives de chaud et de froid auxquelles ne résisteraient probablement aucun des végétaux, ni des animaux terrestres.

On n'est point fixé sur la valeur de l'aplatissement de Mars. Mais si l'on adopte le résultat donné par Arago $\frac{1}{50}$ ou même celui d'Herschel $\frac{1}{30}$, il faut en conclure, pour l'intérieur de la planète, une loi de densité complètement différente de celle de la Terre; et par conséquent une série tout autre de périodes géologiques.

D'ailleurs un simple coup d'œil jeté sur une carte de Mars, fait naître bien des doutes sur l'assimilation des accidents de la surface de cette planète avec ceux de la surface terrestre. N'est-il pas pour le moins imprudent, d'y voir des *mers* et des *continents;* alors que la forme de ces taches diffère essentiellement de celle des mers et des continents de notre globe ? Et est-il logique de conclure de l'existence hypothétique de ces mers et de ces continents à l'existence probable, certaine même, sur la surface de Mars, de végétaux et d'habitants semblables à ceux de la terre ? On a donné jadis ces mêmes noms aux taches de la lune ; ils ont fait naître les mêmes préjugés, les mêmes erreurs. On ne peut être trop sobre d'hypothèses sur la nature d'objets si éloignés de nous.

La place même qu'occupe Mars dans le système planétaire impose ces réserves.

Lorsque la nébuleuse solaire eut donné naissance aux quatre grosses planètes extérieures, Neptune, Uranus, Saturne et Jupiter qui toutes tournent très rapidement sur elles-mêmes et sont probablement encore à une température élevée, il se fit dans sa densité, peut-être même dans sa nature chimique, un changement subit. Les astéroïdes succèdent à ces corps considérables ; puis vient une série de planètes, petites relativement à Jupiter et à Saturne, pesantes et tournant lentement sur elles-mêmes.

Mars inaugure cette série. Il se ressent encore de cette période de perturbation qui n'a rien pu produire de stable. C'est une toute petite planète, bien plus semblable, au point de vue cosmogonique, à Mercure qui inaugura plus tard cette nouvelle perturbation d'où sortirent les vulcains, qu'à notre terre née dans une période de stabilité.

Mars est donc une planète étrange ; les singularités de son entourage doivent par conséquent nous étonner moins. Étudions ces satellites.

Jusqu'ici Mercure et Vénus en paraissent privés. La Terre en a un, Jupiter quatre, Saturne huit, Uranus quatre, Neptune un seul. Laissons ces deux dernières planètes trop peu connues encore.

La progression du nombre des satellites de la Terre, de Jupiter, et de Saturne est frappante ; mais il lui manque un terme. Képler, que la croyance à l'harmonie de l'univers et à la simplicité de son mécanisme guida dans toutes ses recherches astronomiques, avait foi dans cette progression. Il ne connaissait pas les satellites de Saturne ; et il écrivait à un de ses amis en apprenant la découverte de ceux de Jupiter : « Je suis si loin de mettre en doute l'existence des quatre planètes de Jupiter que j'attends une lunette pour vous devancer, s'il est possible, dans la découverte de deux satellites autour de Mars, six ou huit autour de Saturne, et peut-être un auprès de Mercure et de Vénus. »

La notion de l'existence des satellites de Mars avait donc cours depuis longtemps dans l'opinion publique ; et plusieurs astronomes consacrèrent leurs veilles à les chercher. Mais cette recherche n'a chance de succès qu'à des époques déterminées.

Mars et la Terre peuvent se trouver tantôt rapprochés à 14 millions de lieues, tantôt éloignés à 86 millions de lieues. C'est au moment des oppositions, qui reviennent après 779 jours environ, que le rapprochement est le plus grand possible. Mais toutes les oppositions ne sont pas également favorables. Les distances minimum de Mars à la Terre varient entre des limites assez éloignées. Cette distance est la plus petite possible, quand le moment de l'opposition est voisin de celui où Mars passe à son périhélie. Cette coïncidence se reproduit à peu près tous les quinze ans. Ajoutons encore que la hauteur à laquelle Mars peut s'élever au-dessus de l'horizon du lieu d'observation doit aussi entrer en ligne de compte.

On le voit, les découvertes astronomiques ne peuvent se faire à une époque quelconque ; il faut souvent attendre bien des années avant que se présente un concours de circonstances favorables. Il en résulte que l'astronome a le temps de perfectionner ses méthodes et ses instruments, et le succès est alors à celui qui est le mieux préparé. C'est ce qui advint dans la découverte des satellites de Mars.

En 1877, Mars se trouvait à une distance de la terre moindre que celles où il avait été depuis 1845 ; sa déclinaison australe rendait son observation plus facile pour les observatoires de l'hémisphère sud que pour les nôtres.

L'astronomie possédait le grand télescope de Melbourne, la lunette de $0^m,62$ de M. Newall et le grand objectif de Washington de $0^m,65$. La position de Melbourne semblait devoir faire pencher la chance de ce côté ; mais on ne s'y occupa point de la recherche des satellites de Mars. D'autre part, l'atmosphère enfumée de Newcastle mit obstacle aux observations de M. Newall ; l'Amérique resta donc seule en ligne.

Les recherches de M. Asaph Hall, commencées avec le mois d'août,

aboutissaient le 11 à la découverte du satellite extérieur, qui reçut le nom de Deimos, et le 16, à celle du satellite intérieur, Phobos, le plus considérable des deux.

L'un et l'autre se meuvent presque exactement dans le plan de l'équateur de Mars; leurs orbites sont très peu excentriques, celle de Deimos, est à peu près circulaire. Phobos n'est qu'à 2330 lieues du centre de Mars, à 1488 lieues de sa surface. Deimos est un peu plus loin, à 5000 lieues environ de la surface de la planète.

Mais voici qui est plus étrange encore que ces minimes distances. Deimos fait en trente heures le tour de la planète qui tourne sur elle-même en vingt-quatre heures trente-sept minutes; et Phobos accomplit, en un jour de Mars, un peu plus de trois révolutions.

C'est ici que semble surgir un désaccord absolu entre les faits observés et l'hypothèse cosmogonique de Laplace. « Tous les corps qui circulent autour d'une planète, dit Laplace, ayant été, suivant cette hypothèse, formés par les zones que son atmosphère a successivement abandonnées, et son mouvement de rotation étant devenu de plus en plus rapide, la durée de ce mouvement doit être moindre que celle de la révolution de ces différents corps. »

Or, c'est le contraire qui est vrai pour l'un des satellites de Mars; donc.., l'hypothèse de Laplace est fausse, ou ce satellite a une autre origine que celle que lui assigne la théorie. Quelle pourrait-être cette origine?

Ce satellite ne serait-il pas, par exemple, une de ces petites planètes, si nombreuses aux alentours de Mars, saisie par lui au passage? — Non, les conditions initiales pour qu'un corps ainsi attiré décrive, comme satellite, une orbite circulaire sont tellement étroites que leur réalisation est à peu près impossible.

Ne serait-ce pas une masse lancée du sein même de la planète par une prodigieuse explosion volcanique? — Non, une pierre lancée d'un point de la surface de Mars, repasserait à chaque révolution par le point de départ.

Et puis, il est impossible de séparer à leur naissance Phobos et Deimos; une relation semblable à celle qui relie les mouvements des satellites de Jupiter relie aussi leurs mouvements : quatre fois le moyen mouvement de Deimos donne exactement celui de Phobos. Il faut donc chercher ailleurs.

Cherchons dans le texte même de la note célèbre de Laplace. « Dans notre hypothèse, dit-il, les satellites de Jupiter, immédiatement après leur formation, ne se sont point mus dans un vide parfait; les molécules les moins condensables des atmosphères primitives du soleil et de la planète formaient alors un milieu rare dont la résistance, différente pour chacun de ces astres, a pu approcher peu à peu leurs moyens mouvements du rapport dont il s'agit. »

Donc, il y avait autour de Mars, dans l'espace même où se mouvaient les satellites, un milieu résistant dont l'action a pu rétrécir peu à peu leurs orbites et, par suite, accroître leur vitesse de révolution.

C'est la théorie développée par M. Kirkwood. Nous pouvons supposer, avec M. Faye, que cette résistance au mouvement avait sa cause dans l'existence d'une multitude de corpuscules, échappés à la condensation de l'anneau qui nous a donné Mars, et tournant autour du soleil dans le voisinage de l'orbite de cette planète ; ou bien admettre, avec M. Kirkwood, que ces corpuscules tournaient autour de la planète elle-même à la façon des anneaux de Saturne. Cet anneau aurait été détruit petit à petit, par les actions réciproques de ses éléments, et, après quelque temps, le satellite, rapproché de la planète, aurait circulé dans le vide, mais avec une vitesse considérablement plus grande. N'assistons-nous pas à une destruction semblable des anneaux de Saturne?

La considération des anneaux intérieurs à la nébuleuse solaire, et celle des marées énormes produites par l'action du noyau solaire sur la nébuleuse planétaire, introduite par M. Ed. Roche dans la théorie de Laplace, conduisent à une autre explication, tout aussi plausible que les précédentes, de la formation des satellites de Mars. Elle a été exposée ici même par le R. P. Dom Lamey, nous n'y reviendrons pas (1).

Le microphone dans les observatoires — Le microphone a reçu une application très utile dans nos observatoires ; il transmet à distance le son des battements de la pendule normale : de sorte qu'il est possible de faire, à l'aide de la même pendule, les observations à tous les instruments placés dans les différents locaux des observatoires. Un service microphonique fonctionne avec succès, depuis le mois d'août dernier, à l'observatoire de Genève, et depuis le mois de décembre à l'observatoire de Bruxelles (2).

L'observatoire de Nice. — Les travaux du nouvel observatoire créé par M. Raphaël Bischoffsheim, dans le voisinage de Nice, sont conduits avec la plus grande activité.

Cet établisement scientifique sera situé près de la route de la Corniche, sur le mont des Mignons, à quelques kilomètres au nord-est de Nice et à 375 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il possédera d'abord deux équatoriaux, une lunette méridienne et un certain nombre d'autres instruments accessoires.

(1) *Revue des questions scientifiques.* liv. d'avril 1880, Les satellites de Mars, pp. 519-535.

(2) *Ciel et Terre.* 2e année, 1er mars 1881.

L'un des équatoriaux aura 18^{m} de distance focale et 0^{m}, 76 d'ouverture. La coupole qui l'abritera mesurera 22 mètres de diamètre. La construction de son objectif est confiée à MM. Paul et Prosper Henri, astronomes de l'observatoire de Paris.

Cet instrument colossal, qui sera probablement le plus grand appareil astronomique du monde, coûtera environ 250 000 francs. La dépense totale de l'observatoire de Nice dépassera 2 millions.

J. Thirion S. J.

GÉNIE CIVIL.

Album de statistique graphique de 1880 publié par le ministère des travaux publics (de France). — Dans une revue précédente (1), nous avons fait connaître, en quelques mots, comment cette belle publication fut instituée par un arrêté du 12 mars 1878.

Cet arrêté portait : ceux des faits économiques, techniques ou financiers qui relèvent de la statistique et peuvent intéresser l'administration des travaux publics doivent être publiés en un album destiné à comprendre un certain noyau de planches de fondation se reproduisant tous les ans, de manière à donner le moyen de comparer les faits de même ordre dans la suite des temps.

L'album de 1880 reproduit surtout les renseignements de 1878 ; c'est déjà, comme nous l'avons vu à propos de l'album de 1879, un beau résultat.

L'album de 1880 est composé des 16 planches suivantes :

1. Développement des voies de communication par département au 31 décembre 1878.
2. Conditions techniques d'établissement des chemins de fer au 31 décembre 1878.
3. Frais de premier établissement des chemins de fer au 31 décembre 1877.
4. Frais de premier établissement des voies navigables et des ponts au 31 décembre 1878.
5. Tonnage des chemins de fer en 1878.
6. Tonnage des rivières, canaux et ports en 1878.

(1) Avril 1880.

7. Tonnage des routes nationales d'après les derniers comptages de 1876.

8. Recettes brutes des stations de chemins de fer en 1878.

9. Recettes brutes des chemins de fer en 1878.

10. Produits nets des chemins de fer en 1878.

11. Recettes des omnibus de Paris en 1878.

12. Recettes des tramways, des bateaux-omnibus et du chemin de fer de Ceinture de Paris en 1878.

13. Recettes des tramways de la banlieue de Paris en 1878.

14. Conditions de navigabilité des voies navigables au 31 décembre 1879.

15. Données relatives à l'entretien des routes nationales en 1878.

16. Développement des chemins de fer dans les principaux États, de 1830 à 1878.

Toutes ces planches, sauf celles numérotées 1, 2, 8 et 16, sont des *cartogrammes à bandes figuratives.*

Les planches 1, 2, 8, 16 sont des *cartogrammes à foyers diagraphiques,* suivant l'heureuse expression proposée par M. l'ingénieur en chef Cheysson.

Cet album offre non seulement des renseignements fort intéressants, mais il est, à notre avis, conçu, dessiné et imprimé avec tant de précision, de soin et de goût, qu'il constitue une véritable œuvre d'art. Il fait honneur à la direction des cartes, planches et archives et de la statistique graphique du ministère des travaux publics de France.

Documents statistiques publiés par le ministère des travaux publics (de Belgique). — Depuis l'époque encore récente (avril 1880) où nous avons traité, dans cette Revue de la statistique appliquée aux travaux publics, des documents fort intéressants ont été publiés par le département des travaux publics de Belgique.

Nous les énumérons ci-après :

a.) Carte figurative de l'importance du roulage sur les routes de l'État en Belgique en 1879.

C'est un cartogramme à bandes figuratives, qui eût pu être mieux conçu et exécuté avec plus de soin.

L'innovation consistant à vouloir raccorder les diverses largeurs de bandes par des courbes ne produit pas un bon effet.

Les cartes suivantes au contraire sont bien réussies. Elles constituent aussi des cartogrammes à bandes figuratives.

b) Carte de la navigation et des eaux intérieures de la Belgique pour 1881, à l'échelle de $\frac{1}{320\,000}$.

Elle comprend : les voies navigables, les voies de petite navigation, les canaux en cours de construction, les canaux d'asséchement ou d'irrigation, les cours d'eaux non navigables, les écluses et barrages.

c) Carte représentant les mouillages et les dimensions des écluses des voies navigables de la Belgique et du nord de la France (Échelle, $\frac{1}{320\ 000}$).

Cette carte, aux échelles près, est disposée de la même manière que la carte n° 14 de l'album français pour 1880, intitulée : Conditions de navigabilité des voies navigables au 31 décembre 1879.

d) Album de profil en long des voies navigables de Belgique.

Ce profil, dressé par divers ingénieurs des ponts et chaussées, sous la direction des ingénieurs en chef aux services desquels les voies navigables ressortissent, est exécuté avec beaucoup d'art et de clarté.

e) Carte figurative du mouvement des transports sur les voies navigables de la Belgique.

Cette carte, bien réussie, est annexée aux tableaux renseignant :

1° Le mouvement à la remonte et à la descente, de tous les ports du pays.

2° Les résultats résumés du mouvement des transports par grandes lignes de navigation.

Une notice expose qu'il faut entendre par *port*, dans ce qui précède, la partie de canal ou de rivière navigable comprise entre deux bureaux consécutifs de droits de navigation.

Elle indique aussi l'ordre dans lequel se suivent les tableaux ainsi que leur disposition ; elle rappelle comment ces renseignements, si complets, ont pu être réunis et groupés avec exactitude.

Rapport présenté au ministre des travaux publics (de France) **sur les moyens de prévenir les accidents de chemin de fer** (1). — A la suite d'un grand accident survenu le 15 août 1878, sur une section à voie unique du réseau de l'Ouest, entre la station de Flers et de Monsecret, une commission fut nommée, sous la présidence de M. Guillebot de Nerville, inspecteur général des mines ; elle comprenait sept inspecteurs généraux du contrôle des chemins de fer, un ingénieur en chef des ponts et chaussées, M. Collignon, en qualité de secrétaire, et deux ingénieurs des mines, comme secrétaires adjoints, MM. Vicaire, professeur du cours de chemins de fer à l'École des mines et membre de la Société scientifique de Bruxelles, ainsi que M. Ledoux attaché au contrôle des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée.

(1) *Annales des ponts et chaussées de France*, janvier 1881, pp. 5 à 80.

La Commission adopta, tout d'abord, un questionnaire destiné à être adressé aux compagnies françaises et étrangères et aux principaux ingénieurs de chemins de fer.

Ce questionnaire avait été préparé et rédigé par notre savant confrère, M. Vicaire, « avec une méthode et un ordre, dit le rapport, qui ont beaucoup facilité notre travail. »

En outre, des avis insérés dans les journaux, pour annoncer l'ouverture de l'enquête, appelèrent l'attention des inventeurs, qui adressèrent à la Commission des communications, au nombre de 218.

120 d'entre elles seulement furent reconnues avoir quelque valeur et donnèrent lieu à des rapports spéciaux, rédigés par M. Ledoux et approuvés par la Commission après qu'elle eut pris soin d'entendre les explications verbales des inventeurs.

Parmi ces inventions, celles qui ont fixé surtout l'attention de la Commission sont l'application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer, notamment les appareils électriques, adaptés aux signaux, de MM. Lartigue, Regnault et Jousselin.

On doit remarquer, avec la Commission, que si l'électricité peut rendre de grands services à l'exploitation des chemins de fer « c'est à la condition d'être employée d'une manière rationnelle et à l'aide d'appareils simples et peu susceptibles de dérangements. »

Le rapport passe successivement en revue, suivant le questionnaire précité, *la voie*, *les signaux*, *le matériel roulant et l'exploitation*, *les freins et l'exploitation à voie unique*.

Nous ne pouvons suivre, dans tous ses détails, ce travail aussi lucide que consciencieux. Il importe cependant d'en noter quelques points principaux et les conclusions, pour constater la situation présente des chemins de fer français. Le lecteur belge sera satisfait de reconnaître que, si de grands efforts ont déjà été et seront faits pour sauvegarder la sécurité du voyageur en France, ils ont été égalés par l'administration du chemin de fer de l'État dans notre pays.

En ce qui concerne la *voie*, notons un raccordement parabolique du 3e degré, perfectionné à la Compagnie de l'Est : il met le surhaussement du rail extérieur en corrélation constante avec le rayon de la courbure.

Les rails d'acier se substituent de plus en plus aux rails en fer, non seulement sur les réseaux des Compagnies, mais encore sur les chemins de fer exploités par l'État français.

Nulle part on n'a remarqué, pendant les grands froids de l'hiver dernier, que les ruptures des rails d'acier fussent sensiblement plus nombreuses que celles des rails de fer. On a observé que les ruptures de rails d'acier, parce qu'elles sont nettement perpendiculaires à l'axe, occasionnent de très rares accidents.

Parmi les *signaux*, les sifflets électro-automoteurs de MM. Lartigue, Forest et Digney frères méritent une mention spéciale.

La Compagnie du Nord en a fait une assez large application.

Aux abords de toutes les gares des lignes principales, des contacts fixes sont établis sur la voie, à 200 mètres en avant des disques à distance. La locomotive est munie d'une brosse métallique qui frotte en passant sur le contact fixe; il en résulte que le courant de la sonnerie ordinaire du disque, si celui-ci est à l'arrêt, actionne le sifflet.

De la même manière peut être actionnée la valve de l'éjecteur à vapeur qui commande le frein à air comprimé; ainsi, le passage sur le contact fixe, correspondant à un disque tourné à l'arrêt, peut ralentir et même immobiliser automatiquement un train lancé, par inattention du machiniste ou toute autre cause, au delà des limites fixées.

L'emploi de ces appareils, entré largement dans la pratique, donne des résultats très satisfaisants.

Il est bien entendu que de tels appareils ne doivent être considérés que comme des auxiliaires pour assurer plus complètement la sécurité. Ils ne dispensent évidemment aucun agent du soin de veiller à la stricte exécution des règlements.

Un grand nombre d'inventeurs poursuivent depuis longtemps la solution d'un problème complexe: rendre manifeste aux agents d'un train la presence sur la voie d'un autre train déjà engagé soit dans le même sens, soit surtout en sens contraire, à l'aide de signaux actionnés automatiquement par ces trains.

Plusieurs inventions de ce genre ont été soumises à l'examen de la Commission, qui n'en a point trouvé d'assez pratiques pour pouvoir être utilement recommandées.

Ainsi que le fait remarquer le rapporteur, en signalant la meilleure de ces inventions, celle de M. de Baillache, ancien inspecteur du chemin de fer de Glos-Montfort à Pont-Audemer, la communication entre deux trains en marche ne peut avoir d'utilité sérieuse que dans des cas exceptionnels, où les cloches électriques, d'un emploi beaucoup plus simple, peuvent rendre beaucoup de services.

La Commission recommande d'employer, à toutes les bifurcations et à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la circulation sur les voies principales, les appareils d'enclenchement, c'est-à-dire ceux qui rendent solidaires les manœuvres des aiguilles et des signaux optiques, de telle sorte que les mécaniciens ne peuvent pas recevoir un signal en désaccord avec la disposition voulue des aiguilles.

La Commission ne recommande aucun système particulier, mais elle constate que les appareils Saxby, appliqués, depuis quelques années déjà, sur les chemins de fer de l'État belge, se répandent de plus en plus sur les principales lignes françaises.

Au sujet du *matériel roulant*, mentionnons cette remarque : Toutes les compagnies françaises ont complètement abandonné l'emploi des

tôles d'acier, pour la construction des chaudières locomotives. On les a remplacées par des tôles de fer de premier choix.

Cependant l'acier, ou du moins le métal diversement fabriqué qui en porte le nom, s'emploie de plus en plus dans le matériel roulant, aussi bien que dans le matériel fixe. On s'en sert pour les bandages de roues, essieux, etc.

Les épreuves de l'acier mis en œuvre se font avec le plus grand soin. Indépendamment des épreuves par le choc, presque toutes les compagnies ont adopté l'épreuve par traction, qui s'effectue sur des morceaux convenablement découpés dans le corps de quelques bandages.

La Commission signale l'intercommunication électrique du système Prud'homme comme offrant le meilleur moyen de mettre les agents du train en communication entre eux et les voyageurs.

L'*exploitation* donne lieu à des recommandations importantes.

Les locomotives, à roues motrices libres, doivent avoir pour limite extrême de vitesse, suivant le diamètre de leurs roues, de 80 à 120 kilomètres par heure.

Les machines à deux essieux couplés, de 65 à 90 kilomètres.

Les machines à trois essieux couplés, de 45 à 65 kilomètres.

Dans l'opinion de la Commission, quand la voie est bonne et le matériel solide, un train rapide peut prendre couramment une vitesse de 95 à 100 kilom. par heure, pourvu qu'il parcoure un chemin en alignement droit et offrant une très faible inclinaison.

Le Block-system absolu est chaudement recommandé ; on sait qu'il consiste essentiellement en ce qu'aucun train ne peut passer dans une section de la ligne, avant que le précédent n'en soit sorti.

La question des *freins* intéresse au plus haut point la sécurité de l'exploitation.

Les freins continus, qui permettent l'enrayage simultané et presque instantané de tous les véhicules du train, se substituent de plus en plus à tous les autres freins dans les trains de voyageurs.

Toutes les compagnies françaises expérimentent les freins continus, comme le fait l'État belge.

L'Ouest et le Midi ont adopté le frein Westinghouse à air comprimé.

Le Nord se sert du frein Smith (à vide). Paris-Lyon-Méditerranée essaye concurremment le frein Westinghouse et le frein Smith.

L'Orléans développe l'application du frein Héberlein, tout en essayant le frein Smith.

L'Est perfectionne et applique le frein électrique Achard.

Notre savant confrère, M. Vicaire, professeur du cours de chemins de fer à l'École des mines de Paris, a développé devant la Société scientifique le sujet si intéressant des freins continus. Son travail sera publié,

nous l'espérons, dans la *Revue*, et nous y renvoyons ceux des lecteurs qui voudraient connaître la description des divers freins énumérés ci-dessus.

La Commission ne conseille l'emploi d'aucun frein en particulier, mais elle émet l'avis qu'il y a lieu d'inviter les compagnies à munir de freins continus, placés sous la main du mécanicien et des garde-freins, tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale de pleine marche atteint 60 kilomètres à l'heure, en y ajoutant, bien entendu, l'usage constant de la contre-vapeur.

L'*exploitation à voie unique* provoque, de la part de la Commission, divers conseils sur lesquels le rapporteur s'étend avec complaisance, le premier but de cette réunion savante ayant été de rechercher les moyens d'éviter les rencontres sur des chemins de fer exploités à voie unique.

A part le Nord et le Paris-Lyon-Méditerranée, toutes les compagnies françaises font reposer la sécurité de cette exploitation sur l'usage d'une réglementation précise et sévère, sans recourir à d'autres appareils que ceux de la télégraphie ordinaire.

La Commission émet l'avis que de telles dispositions ne peuvent suffire sur les sections à trafic très développé.

Elle signale à l'attention le système le plus simple, fort connu en Angleterre sous le nom de *staff system* et de *staff and ticket system*.

C'est un pilotage de trains, exercé par le bâton que chaque conducteur doit avoir en main avant de s'engager sur la voie unique.

Elle recommande l'emploi de moyens de sécurité déjà expérimentés, tels que les appareils Tyer, Regnault, Block-system.

Mais la Commission constate que, sur le Nord et sur Paris-Lyon-Méditerranée, les cloches électriques, déjà en usage en Allemagne, en Autriche, en Italie, en Hollande, etc., donnent les meilleurs résultats.

Ces cloches permettent d'annoncer le départ de chaque train par le signal le plus rapide. Elles préviennent tous les gardes de passages à niveau de l'arrivée prochaine (grâce à leur son) et du sens (par le nombre de leurs coups) des trains. Elles permettent aussi de signaler les véhicules partis en dérive. Enfin, le cas échéant, elles fournissent la ressource extrême du signal d'alarme ou d'arrêt de tous les trains, que tant d'inventeurs ont demandée à des appareils beaucoup trop compliqués pour être d'un usage pratique.

Le rapport remarquable, que nous venons d'analyser, se termine par des conclusions précises, qui résument les observations ou les recommandations de la Commission.

Nous les aurions reproduites *in extenso* (1), si nous ne devions terminer ce sujet.

(1) *Annales des ponts et chaussées*, janvier, 1881, p. 78-80.

Rappelons seulement qu'elles se rapportent :

1° A l'emploi des appareils avertisseurs ou protecteurs aux abords des passages à niveau.

2° A la mise en œuvre des appareils d'encleuchement dans tous les endroits nécessaires.

3° Aux moyens de mettre les voyageurs en communication avec les agents du train.

4° A l'emploi du *Block-system*, autant que possible, « absolu ».

5° A la mise en œuvre de freins continus.

6° A l'application de cloches électriques ou du Block-system à signaux extérieurs, sur les sections à voie unique.

Le canal interocéanique de l'isthme de Panama. — Dans le devis que nous avons publié (1) des travaux entrepris sous l'inspiration et la direction de M.de Lesseps, le lecteur a pu remarquer que les prévisions de l'avant-projet comportaient un cube énorme de roches à extraire, selon toutes probabilités, de la grande tranchée de la Culebra, qui franchira le seuil de Panama, moyennant une profondeur maxima de 87 mètres.

Les sondages auxquels on s'est livré depuis,avant de dresser le projet définitif, ont démontré que ce cube de roches doit être beaucoup diminué, puisque, ayant sondé des profondeurs de 30 mètres, à des altitudes variant de 60 à 80 mètres au-dessus du niveau de la mer, on n'a pas trouvé la roche en place.

Telle est, en résumé, l'importante communication que M. de Lesseps lui-même a faite à l'Académie des sciences de Paris dans la séance du 11 juillet 1881 (2).

Ch. Lagasse.

(1) *Revue des questions scientifiques*, octobre 1880.
(2) *Bulletin du canal interocéanique*, 15 juillet 1881, p. 401-402.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. XCII, avril, mai, juin 1881.

N° 14. **Puiseux** et **Mouchez** : La méthode de Halley pour déterminer la parallaxe solaire au moyen de l'observation du passage de Vénus, ne peut pas donner le degré de précision qu'elle comporterait si les contacts géométriques des deux astres étaient réellement observables. Mais en observant les variations de l'échancrure que la planète produit sur le bord du soleil pendant les vingt minutes qu'elle emploie à le traverser, on pourra en conclure, avec une grande précision, soit l'heure du passage du centre de Vénus sur le bord du soleil, soit la distance des centres des deux astres, si l'on suppose les demi-diamètres parfaitement déterminés. La comparaison de l'observation en deux lieux différents du passage du centre de la planète sur le bord du soleil reviendrait à l'application de la méthode de Halley, affranchie des erreurs produites par des phénomènes lumineux qui rendent les contacts géométriques impossibles à bien déterminer. **Janssen** a imaginé un photomètre photographique qui lui permet de comparer la sensibilité de deux plaques photographiques différentes ou le pouvoir rayonnant de deux sources lumineuses, le soleil et les étoiles, par exemple. **Jordan** est élu membre de l'Académie en remplacement de M. Chasles. **Blondlot** prouve que les gaz échauffés peuvent transmettre un faible courant voltaïque, comme l'avait déjà dit M. E. Becquerel. **Sulliot** confirme l'excellence du mélange désinfectant de Peyrusson (quatre parties d'alcool à quatre-vingt-dix degrés, une partie d'acide nitrique à trente-six degrés).

N° 15. **Lockyer** maintient, contre MM. Stas et Fievez, la possibilité de la décomposition du fer en plusieurs éléments dans l'atmosphère solaire : le spectre de ce métal présente des raies d'intensités différentes,

dans des conditions calorifiques différentes, ce qui ne peut s'expliquer que par une dissociation, à moins que l'on n'admette que tous les spectres différents sont dus à une même substance primitive dans des conditions différentes. **Filhol** a trouvé dans la caverne de Lherm l'*Ursus arctos* à côté de l'*Ursus spelæus*, ce qui ne permet plus d'admettre que le premier ait le second pour ancêtre éloigné. **Mallard :** Il s'est produit un phosphure de fer cristallisé et du feldspath anorthite, dans l'incendie de la houillère de Commentry. Auparavant M. Velain avait signalé, dans la matière vitrifiée produite par l'incendie de gerbes de blé, de l'anorthite, du pyroxène et d'autres substances minérales.

N° 16. **Ampère :** Si l'on divise de deux manières différentes un parallélépipède en deux prismes triangulaires équivalents, deux de ceux-ci, résultant de deux coupes différentes, laisseront, lorsque l'on en retranchera la partie commune, deux tétraèdres symétriques, qui seront ainsi démontrés égaux.

N° 17. **Faye :** L'estimation du degré du méridien faite par Ératosthènes, il y a plus de deux mille ans, et l'obliquité de l'écliptique qu'il en a déduite, sont aussi exactes qu'elles pouvaient l'être avec les instruments dont il disposait. Ptolémée donne également une valeur assez exacte du degré d'après Ératosthènes et d'après des mesures personnelles. Les géographes et les navigateurs anglais, croyant que le degré de Ptolémée était estimé en pieds grecs, tandis qu'il était en pieds plus grands d'un sixième environ, ont pris pour l'arc d'une minute, une valeur trop petite : 1609 mètres (c'est le mille anglais de 1760 yards) au lieu de 1852 mètres. En réalité, le degré contient environ 69 1/2 milles de 1609 mètres. **Daubrée :** L'examen des matériaux des forts vitrifiés de l'Écosse ou de l'Alsace, comme celui des matériaux des enceintes analogues de la France occidentale et centrale, démontre qu'ils ont subi des transformations considérables sous l'influence d'une température qui a été nécessairement très élevée. Cette température paraît avoir été obtenue par une méthode unique : le procédé mis en jeu a été d'une puissance si surprenante qu'il est difficile d'admettre qu'il a été inventé, d'une manière indépendante, dans des contrées aussi distantes que celles où nous en voyons les résultats. Il est plus que vraisemblable qu'un procédé si ingénieux a été transporté successivement de l'une de ces contrées aux autres. Les enceintes vitrifiées pourront ainsi servir à marquer les étapes de certaines migrations. **Champouillon :** L'absorption de l'eau minérale par la peau est incontestable. Le régime de balnéation, dans certaines conditions déterminées, possède le même degré d'efficacité curative que l'eau minérale prise en boisson.

N° 18. **Fouqué** et **Lévy :** En examinant quelques produits artificiels obtenus au siècle dernier par James Hall, on reconnaît qu'il est bien le premier qui ait obtenu, par une expérience de laboratoire, une roche

éruptive cristallisée ; mais la science pétrographique était trop peu avancée de son temps pour qu'il pût interpréter avec sûreté les résultats auxquels il était arrivé. **Schlumberger :** L'acide salicylique est employé comme désinfectant, comme moyen curatif ou préventif contre certaines maladies des animaux, comme antiferment pour le vin, la bière, le cidre, les jus de fruits, les sirops, les conserves, la viande, le poisson. Comme on l'emploie à petites doses, il paraît moins dangereux qu'on ne l'avait cru au premier abord. **Brouardel** et **Boutmy :** Les ptomaïnes (alcalis cadavériques) présentant, en général, les plus importants des caractères chimiques et des propriétés physiologiques des alcaloïdes végétaux, peuvent être confondues avec ces derniers. Une erreur judiciaire a été commise récemment en Italie, à cause d'une confusion de ce genre : des experts ont conclu à un empoisonnement par la delphinine, lorsqu'ils étaient seulement en présence d'une ptomaïne. Une étude *complète* des toxiques trouvés dans un cadavre permet toujours de distinguer les ptomaïnes des alcaloïdes végétaux. Quand cette étude complète est impossible, on peut distinguer ces deux sortes de corps comme il suit : le cyanoferride de potassium, mis en présence des alcaloïdes (sauf pour la morphine, et peut-être la vératrine) ne subit aucune modification. Il est, au contraire, ramené instantanément à l'état de cyanoferrure par l'action des ptomaïnes. **Hayem :** Les inhalations d'oxygène, mêlé à l'air en proportions convenables, stimulent énergiquement les fonctions de nutrition, accroissent le nombre des globules du sang, sans en changer la composition, et suppriment ou diminuent les vomissements, quel que soit l'état morbide qui les cause.

N° 19. **Faye** fait remarquer que le procédé qu'il a suivi pour obtenir la parallaxe du soleil est parfaitement rationnel : il prend la moyenne des résultats trouvés par *dix* méthodes indépendantes, en choisissant pour chacune d'elles le chiffre reconnu généralement comme le plus exact. De cette manière, il est probable que les erreurs inhérentes à chaque méthode se détruisent partiellement par l'addition des résultats qu'elles ont donnés ; l'erreur résultante est ensuite divisée par dix, quand on prend la moyenne. **P. Puiseux :** L'intensité de la radiation solaire, dans les Alpes, est notablement supérieure à celle que l'on observe dans les plaines. L'activité de la végétation étant en rapport avec l'intensité de la radiation solaire, on s'explique la rapidité avec laquelle les plantes se développent dans les régions montagneuses alpines où la température moyenne des trois mois d'été est inférieure à celle des pays du Nord. **Couty :** Quatre-vingts expériences de lésions corticales faites sur des singes et des chiens ont conduit ce savant à rejeter la théorie des localisations. Cette doctrine suppose un rapport entre l'état des lésions du cerveau et l'état de fonctionnement des divers appareils périphériques. Or, en étudiant avec soin, à toutes les périodes, l'état d'excitabilité de

l'organe lésé, en cherchant à dissocier chaque trouble, il n'a jamais constaté de relations constantes ou simplement habituelles. L'analyse anatomique aussi bien que l'analyse physiologique l'a conduit au même résultat (voir aussi n° 21). **A. Barthélemy** : Les mouvements des liquides et des organes flexibles des plantes, aussi bien ceux qui existent chez toutes que ceux qui sont spéciaux à quelques-unes (héliotropisme, irritabilité de la sensitive), s'expliquent par les variations de la tension hydrostatique sous l'influence de la succion endosmotique des racines et de réaction des extrémités foliacées produite par l'évaporation.

N° 20. **Berthelot** vient de publier, avec la collaboration de M. Jungfleisch, la seconde édition de son *Traité élémentaire de chimie organique* (Paris, Dunod, 2 vol. in-8°). Cet ouvrage repose sur la méthode de classification des substances organiques fondée sur leur fonction chimique et leur synthèse progressive et permet, suivant l'auteur, de formuler les lois générales de composition, les lois de formation et de réaction avec plus de clarté qu'aucune division fondée sur des principes différents. **Tanret** : Il y a d'autres alcaloïdes que la morphine et la vératrine qui se comportent avec le cyanoferride de potassium comme les ptomaïnes. Cette remarque restreint la portée de la découverte de MM. Brouardel et Boutmy signalée plus haut. **Fauvel** : Les tubes en caoutchouc des biberons, même lavés avec soin, contiennent souvent des végétations cryptogamiques, susceptibles d'altérer, concurremment avec la salive des enfants, le lait contenu dans ces appareils.

N° 21. **Wolf** : Contrairement à une opinion assez répandue, les principaux appareils qui ont servi à l'établissement du système métrique et les étalons du mètre et du kilogramme déposés actuellement à l'observatoire de Paris, sont parfaitement authentiques et dans un bon état de conservation. En particulier, la célèbre règle de fer, connue sous le nom de *toise du Pérou*, n'a été nullement altérée quant à sa forme ou à ses dimensions par le nettoyage qu'elle a subi en 1854. **Graham Bell** a vérifié, par des expériences nombreuses, le principe général trouvé par lui de la sonorité de la matière soumise à l'action d'un rayon de lumière intermittent. Pour les solides, le maximum d'intensité s'obtient avec les corps de consistance lâche, poreuse et spongieuse, et avec ceux qui ont les couleurs les plus foncées ou les plus absorbantes. Probablement l'air contenu dans les interstices de ces corps, sous l'action calorifique de la lumière intermittente, entre et sort de ces pores suivant qu'il se dilate ou se contracte et produit ainsi dans l'atmosphère ambiante une onde sonore; néanmoins ce n'est pas cette atmosphère qui entre seule en vibration, le corps solide lui-même vibre aussi. Quoi qu'il en soit, les sons produits sont assez intenses pour que les corps rendus sonores par l'action directe d'un rayon solaire intermittent puissent reproduire les sons de la parole articulée sous l'action du rayon ondu-

latoire parti d'un transmetteur photophonique. Les liquides et les gaz donnent aussi des sons, mais moins intenses sous l'action d'un rayon de lumière intermittent. Le collaborateur de Bell, M. Tainter a trouvé que le noir de fumée pouvait remplacer le sélénium dans un récepteur électrique, et qu'il en est de même du platine spongieux. Si on fait tomber de la lumière intermittente sur un récepteur à noir de fumée traversé par un courant électrique sur le circuit duquel se trouve un téléphone, celui-ci rend un son musical distinct. Le noir de fumée rend d'ailleurs un son musical aussi quand il est traversé par un courant électrique intermittent. On peut obtenir des sons avec battements (et peut-être avec interférences) en faisant agir à la fois la lumière et l'électricité.— Les différentes radiations (lumineuses, calorifiques ou chimiques) ne produisent pas le même effet sur chaque substance : les sons sont toujours dus aux rayons que chacune absorbe. Le noir de fumée devient sonore sous l'influence de presque toutes les couleurs du spectre (les extrémités exceptées), depuis l'ultra-violet jusqu'à l'ultra-rouge, avec maximum dans l'ultra-rouge ; pour la laine rouge le maximum est dans le vert avec affaiblissement graduel à droite et à gauche, et extinction dans l'indigo et un peu en dehors de la limite du rouge ; pour la laine verte, le maximum d'intensité est dans le rouge ; pour l'éther sulfurique, il n'y a de son que pour une petite portion du spectre assez loin dans l'ultra-rouge. — Bell a déduit de ces propriétés un spectrophone qui permet de constater la présence des rayons chimiques du spectre au moyen des sons qu'ils produisent. **Mercadier** vient d'arriver à construire un thermophone reproduisant la voix humaine. **Müntz** et **Aubin** : A Paris, la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air varie de 288 à 422 millionièmes ; le maximum correspond aux temps couverts et calmes, le minimum coïncide avec un air pur et agité, et alors la proportion est la même à peu près qu'à la campagne, où les chiffres extrêmes sont 270 et 299 millionièmes pendant le jour, un peu plus la nuit : ces derniers résultats se rapprochent de ceux que M. Reiset a obtenus à Dieppe.

N° 22. **Pasteur** (en collaboration avec **Chamberland, Roux** et **Thuillier**) vient de prouver que le virus rabique n'est pas dans la salive seule du chien, mais aussi dans son cerveau ; il parvient à inoculer la rage à coup sûr en réduisant la période d'incubation à une semaine ou deux, en ayant recours à la trépanation du sujet à inoculer et en prenant comme matière inoculante la substance cérébrale d'un chien enragé. La mort survient au bout de trois semaines. Cette découverte facilite considérablement les expériences sur le virus rabique. **Rosenstiehl** : Les sensations colorées fondamentales (triade primaire), dans la théorie de Young, jouissent avec beaucoup d'autres groupes de trois couleurs (triades secondaires), des deux propriétés suivantes : 1° La sen-

sation du blanc pur résulte de l'excitation égale des trois sensations fondamentales. 2° Par leur mélange deux à deux, elles produisent toutes les couleurs perceptibles pour notre œil. Mais la triade primaire se distingue des autres, en ce que ces mélanges produisent en même temps la sensation du blanc à un degré moindre que les autres couleurs ; en outre, deux couleurs situées de part et d'autre d'une couleur primaire et qui en sont équidistantes à la vue, ont des complémentaires indiscernables. C'est ce caractère fondamental de la triade primaire qui a donné à M. Rosenstiehl pour couleurs fondamentales l'orangé, le troisième jaune vert et le troisième bleu.

N° 23. **Hannay** (voir aussi n°s 14, 15, 19, divers articles de MM. Cailletet et Hautefeuille) a prouvé, par de nombreuses expériences, qu'il n'y a pas continuité entre l'état gazeux et l'état liquide, comme on pourrait le croire en étudiant un mélange d'un liquide et de sa vapeur sous une pression élevée. **Couty** : Les troubles produits par les lésions corticales unilatérales proviennent probablement de modifications produites dans les diverses fonctions du bulbe et de la moelle opposés ; les phénomènes moteurs ou sensitifs qui n'ont aucun rapport habituel ou ordinaire avec la lésion initiale semblent dépendre uniquement de ces modifications consécutives du bulbe et de la moelle.

N° 24. **A. Cornu** : Le dédoublement d'une onde polarisée rectilignement en deux ondes polarisées circulairement en sens inverses s'effectue de manière que la moyenne des vitesses de propagation des ondes dédoublées soit égale à la vitesse de propagation de l'onde unique préexistante (Loi tirée par induction d'expériences faites sur le quartz et sur le flint lourd de Faraday, les ondes étant séparées dans celui-ci par action magnétique). **Friedel** et **Sarazin** ont reproduit le feldspath orthose par voie aqueuse, en même temps que le quartz. **Pasteur** (avec **Chamberland** et **Roux**) a complètement réussi dans des expériences de vaccination charbonneuse faites en grand, sous le patronage de la Société d'agriculture de Melun. Elles ont porté sur 58 moutons, 2 chèvres et 10 bêtes bovines. Tous ceux de ces animaux vaccinés par la méthode de M. Pasteur ont résisté à l'inoculation du charbon ; les autres sont morts (moutons) ou ont été gravement malades (bêtes bovines), comme M. Pasteur l'avait prédit. **Bouley** rappelle à ce propos les résultats analogues à ceux de M. Pasteur obtenus par divers vétérinaires français : 1° M. Toussaint est parvenu à transformer, par la chaleur, le virus charbonneux en virus vaccinal contre le charbon ; 2° M. Chauveau atténue les effets du microbe, par des inoculations à petites doses ; 3° Enfin, MM. Arloing, Cornevin et Thomas vaccinent les animaux contre le *charbon symptomatique* (maladie différente du charbon ordinaire), en inoculant dans le sang le microbe spécial de cette maladie. Le même liquide virulent introduit dans le tissu cellulaire est très actif et mortel

pour l'animal inoculé (voir n°s 14, 21). **Bouchut** a essayé de dissoudre les fausses membranes du croup et de la diphtérie au moyen de la papaïne et il a réussi vingt-huit fois sur trente-deux.

N° 25. **Daubrée** signale un nouveau gisement de soufre natif dans le sol de Paris. **Ollier** : Mac Ewen vient de confirmer de la manière la plus éclatante la réalité de la greffe osseuse sur l'homme. Il a réussi à reconstituer 114 millimètres de la diaphyse humérale, au moyen de six fragments osseux cunéiformes retranchés sur des tibias de jeunes enfants atteints d'incurvation rachitique. Il a transplanté, selon la règle formulée par M. Ollier d'après ses expériences, le tissu osseux complet, c'est-à-dire la substance osseuse revêtue de son périoste et garnie de sa moelle; mais il a eu de plus l'idée de la diviser en petits fragments de 3 à 5 millimètres de diamètre sur 5 millimètres de longueur et en dernier lieu de 13 millimètres sur 7 millimètres. Il a eu pour but d'augmenter les surfaces de contact de la greffe avec les tissus ambiants et de multiplier les centres de prolifération ostéogène. Ce procédé lui a parfaitement réussi. **Mac Ewen** : La transplantation s'est faite en trois fois. Les os transplantés avaient été empruntés à six différents membres inférieurs humains. L'humérus nouveau ainsi reconstitué est vivant et croît. C'est le traitement antiseptique qui a assuré le succès de l'opération.

N° 26. **Schutzenberger** et **Colson**, en chauffant du silicium cristallisé au rouge presque blanc, ont obtenu un composé nouveau $Si_2 C_2 O_2$ ($O = 16$) ; un ancien composé de Wöhler a la formule $Si_2 C_2 N$. Dans ces corps, on peut admettre un radical tétraatomique $Si_2 C_2$ et les composés précédents seraient analogues à CO_2 et à CN. Il existe en outre un azoture $2 (Si_2 N_3)$ et d'autres composés $Si_2 N_3 H$, $Si_2 Cl_2 2 (Si_2 N_3)$ où $Si_2 N_3$ semble jouer le rôle d'un radical monoatomique. **Brown-Séquard** : Le chloroforme appliqué sur la peau, peut produire à distance, dans les centres nerveux, les nerfs et les muscles, des effets extrêmement variés, résultant surtout d'une irritation des nerfs cutanés. **Verschoffel** (n° 9 des Comptes rendus) : La loi relative au rapport du volume d'un composé chimique gazeux à celui des composants, gazeux aussi, est la suivante : le volume du composé est le double du volume de celui des composants qui a le volume le plus petit.

P. M.

Bruxelles. — A. Vromant, imp.-édit.

DYNAMISME ET ATOMISME

I.

POSITION DE LA QUESTION. — NATURE DES ARGUMENTS VALABLES.

Il existe parmi les savants de nos jours trois opinions principales relativement à la nature intime de la matière. La plupart des savants considèrent la question comme insoluble et se rattachent à la formule énoncée par M. Berthelot. « La notion même d'un atome indivisible, et cependant étendu et continu, aussi bien que celle d'un atome doué de masse, et cependant réduit à un point matériel, semble contradictoire en soi. » Une école assez nombreuse et assez ardente soutient la solution des points inétendus. Cette doctrine a été brillamment défendue par le R. P. Carbonnelle dans cette Revue et dans son livre intitulé : *Les confins de la science et de la philosophie.*

Enfin une autre classe de savants adopte la solution diamétralement contraire à celle du P. Carbonnelle ; elle trouve que la seule notion satisfaisante est celle de l'atome étendu impénétrable, transmettant son mouvement par le choc.

Notre but, dans cet article, est de défendre cette troisième opinion, en nous attachant principalement à réfuter

les arguments par lesquels le P. Carbonnelle l'a combattue, et à discuter la théorie des points matériels, telle qu'il l'a exposée.

Avant tout circonscrivons le terrain du débat et évitons toute équivoque.

Comme l'a très bien montré le P. Carbonnelle, c'est une confusion de mots que d'identifier l'atomisme, tel que l'a enseigné Lucrèce, avec la théorie atomique de la science moderne.

La théorie atomique de M. Wurtz est purement chimique, et ne s'occupe pas de la forme ni des dimensions des molécules premières.

Ce qu'on appelle atomes dans la science, ce sont les premiers éléments irréductibles et permanents qui composent les corps. La science n'étudie pas leur nature intime et ne se prononce pas sur la question de savoir s'ils sont étendus ou inétendus.

Mais, après avoir dissipé cette équivoque, le P. Carbonnelle en a fait une autre à notre avis en donnant Boscovich comme l'inventeur de la théorie atomique. Boscovich est l'auteur d'un système philosophico-scientifique dont la première donnée consiste dans les points inétendus. Qu'il ait, par ses travaux, contribué à la formation de la théorie moderne dite théorie atomique, cela est possible. Mais son système n'est pas et ne peut être nommé l'atomisme. Son élément n'est pas ce qu'on nomme en philosophie un atome, c'est une force ou une monade.

Afin d'éviter toute amphibologie nous n'emploierons dans ce travail les termes d'atome et d'atomisme que pour indiquer les premiers éléments étendus et le système qui s'en sert pour expliquer le monde. Nous écarterons les atomes scientifiques, pour ne parler que d'atomes philosophiques.

Nous désignerons les éléments premiers de Boscovich sous le nom de monades ou de points matériels, et son système sous le nom de monadisme ou de dynamisme.

Il sera bien entendu également que nous n'entendons combattre ici, en fait de dynamisme, que celui de Boscovich ; celui qui admet une étendue objective et des points matériels situés dans cette étendue. Nous ne parlerons ni de la monadologie de Leibnitz, ni des systèmes de Wolf et de Kant, ni du sensualisme moderne.

Les deux systèmes que nous voulons comparer ont comme base commune, d'une part, l'objectivité de l'étendue et la réalité des corps, d'autre part, les résultats scientifiques que l'on peut désigner sous le nom de théorie atomique ou moléculaire.

Avant tout, nous allons donner en quelques propositions distinctes le résumé de cette théorie.

1. La matière visible et tangible est discontinue. Elle se résout en molécules situées à des distances les unes des autres, très petites en elles-mêmes, mais très grandes relativement aux dimensions de ces molécules.

2. Les phénomènes de mécanique et de physique se réduisent à des déplacements ou à des vibrations de ces molécules premières.

3. Les molécules physiques exercent ou semblent exercer une action attractive ou répulsive à distance les unes sur les autres.

4. Dans l'intervalle entre les molécules physiques des corps pondérables, se meuvent des molécules plus subtiles, appelées molécules d'éther, qui exercent aussi ou semblent exercer des actions à distance les unes sur les autres.

5. Dans toutes les transmissions du mouvement de molécule à molécule la force vive totale reste la même. Les molécules animées de vitesses transmettent à d'autres molécules leur force vive sans l'augmenter ni la diminuer.

6. Soumises aux procédés spéciaux de la chimie, les molécules physiques se décomposent en molécules plus petites nommées atomes chimiques, lesquels résistent à toute décomposition ultérieure.

7. Entre les atomes chimiques se manifestent des actions attractives et répulsives, c'est-à-dire tendant à l'union ou à la séparation, que l'on nomme affinités.

8. Les molécules soit pondérables, soit impondérables, sont animées de vibrations imperceptibles dont la force vive moyenne est proportionnelle à la température.

La chaleur n'est donc qu'une forme du mouvement.

9. Les réactions chimiques et les phénomènes électriques sont produits par une force équivalente à la force calorifique, l'une pouvant se transformer en l'autre. Il est vraisemblable que ces phénomènes consistent aussi en de certaines vibrations ou en des associations et dissociations de molécules qui résultent de leurs déplacements relatifs.

Ces neuf propositions nous semblent contenir des résultats scientifiques incontestés.

Ici se séparent les deux systèmes que nous voulons discuter.

Le premier, créé par le P. Boscovich, réduit les molécules premières, les atomes chimiques, à des points inétendus, doués de masse et de forces attractives et répulsives réelles. C'est celui que, pour éviter la confusion, nous appelons monadisme.

Le second, que nous appelons atomisme, admet que les éléments matériels, quelque minimes qu'ils soient, ont toujours des dimensions. Il admet en outre que les attractions et répulsions à distance ne sont qu'apparentes, sauf peut-être celles qui seraient nécessaires pour la transmission immédiate du mouvement d'atome à atome. C'est cette transmission du mouvement d'atome à atome qui est, selon ce système, le fait fondamental du monde physique.

Selon cette opinion les premiers éléments sont étendus, impénétrables et inertes ; ce sont de simples réceptacles de force vive, incapables, non seulement de se mouvoir spontanément, mais de produire le mouvement d'autrui autrement qu'en communiquant celui dont ils sont animés.

Ces deux systèmes, considérés au point de vue philoso-

phique, correspondent à deux conceptions très diverses sur la nature de la matière.

Selon les monadistes, l'essence de la matière est dans la *force;* la matière est une cause active par elle-même. C'est parce que les points matériels possèdent cette activité que les défenseurs de cette opinion croient pouvoir les dépouiller de toute dimension sans les anéantir.

Selon les atomistes, l'essence de la matière consiste dans l'étendue, jointe à l'impénétrabilité et à l'inertie. L'atome considéré isolément, et en supposant qu'il n'ait reçu aucun mouvement, est passif; il est étendu, il gît (*jacet*) en un lieu. Mais si un autre atome vient le choquer, il *réagit* en vertu de son impénétrabilité. Si de plus il a reçu un mouvement il possède une force vive, il *devient* alors une *force;* il peut transmettre son mouvement, et produire des effets dynamiques, mais dans les limites du mouvement qu'il a reçu. Il est réceptacle de force : il ne peut ni créer la force ni la détruire; il ne fait que la transmettre.

Au point de vue purement expérimental et scientifique, l'opposition entre ces systèmes existe encore, mais elle est moins frappante.

Selon le monadisme, éléments à dimensions nulles. Selon l'atomisme éléments à dimensions réelles, mais très petites.

Selon les monadistes, attractions et répulsions réelles à distance ; action efficiente réelle d'un point matériel sur un point éloigné.

Selon les atomistes, attraction et répulsion à distance simplement apparentes. Les atomes sont réciproquement la cause déterminante de leurs mouvements, mais ils n'en sont pas la cause efficiente. La cause efficiente doit être cherchée ailleurs, soit dans un milieu matériel interposé, soit dans l'action d'une cause immatérielle.

Les deux systèmes étant ainsi placés l'un en face de l'autre, nous allons d'abord examiner de quelle nature sont les arguments qui peuvent servir logiquement à résoudre

le problème. Nous reconnaîtrons qu'un très grand nombre des arguments allégués par les monadistes sont sans rapport réel avec la question. Nous en viendrons ensuite aux véritables arguments probants, et il nous sera facile de montrer qu'il y a des arguments très forts contre le monadisme et que les objections contre l'atomisme peuvent être résolues.

Arguments scientifiques. — Commençons par les arguments scientifiques.

La science expérimentale, dans son état actuel, peut-elle trancher dans un sens ou dans l'autre le litige entre le monadisme et l'atomisme?

La réponse est négative. Les monadistes eux-mêmes en conviennent. Le P. Carbonnelle, après avoir exposé certains arguments scientifiques contre l'atomisme ajoute loyalement : Nous convenons que ces raisons ne renversent pas le système (1).

Il importe de se rendre bien compte de la cause de cette incompétence de la science actuelle. Le premier point de divergence entre les deux systèmes consiste dans la distinction entre la monade rigoureusement inétendue et l'atome dont les dimensions sont réelles, mais extrêmement petites.

Or la question, ainsi posée, ne peut en aucun cas être tranchée par la science.

En premier lieu, il est impossible que la science expérimentale se prononce d'une manière absolue en faveur du monadisme.

En effet, on peut toujours supposer des atomes à dimensions assez petites, pour que la différence entre ces dimensions et des dimensions nulles soit inappréciable. La divisibilité indéfinie de l'étendue permet d'approcher aussi près qu'on veut de la limite zéro. Comme d'ailleurs toute expérience humaine est approximative, on peut toujours

(1) *Les confins de la science et de la philosophie*, t. I, p. 209.

concevoir un système d'atomes assez petits pour se confondre, dans les limites de notre expérience, avec des points rigoureusement inétendus et satisfaire aux mêmes conditions.

La science pourrait-elle se prononcer en sens inverse, en faveur de l'atomisme?

Au premier abord cela semble possible. Si, en effet, les dimensions réelles des atomes cessaient d'être négligeables par suite des progrès de l'expérience, il semble que ces dimensions apporteraient à la théorie fondée sur les points matériels une correction appréciable.

Néanmoins, ici encore, on pourrait, en restant dans les limites de l'expérience, revenir aux points inétendus. Il suffirait en effet de remplacer chaque atome par un groupe de points matériels, pour former un nouveau système satisfaisant aux mêmes conditions que le système atomique.

La science expérimentale est donc incompétente en cette question. Tout au plus pourrait-elle fournir des arguments probables, en montrant que les faits s'expliquent plus aisément par l'un que par l'autre système. Mais elle ne saurait donner une explication par l'un des systèmes à laquelle on ne pût substituer, sans s'écarter des faits observables, une autre explication fondée sur l'autre système.

Une raison d'un autre ordre ne permet pas à la science expérimentale pure de se prononcer entre l'attraction réelle à distance et l'attraction simplement apparente, explicable par d'autres causes que l'essence même des molécules premières.

C'est en effet une question d'attribution de force. Or, l'attribution de la force à des êtres réels n'est pas comprise dans le domaine de la science expérimentale.

La science, en présence des phénomènes, constate et mesure les forces. Elle constate que tel phénomène, le mouvement de la lune, par exemple, exige une cause qui peut être représentée par une force de telle direction, de telle intensité, ayant tel point d'application. Elle détermine

dans quelles conditions et en présence de quels corps la force se développe. Mais elle ne saurait dire d'où vient la force, et quel est précisément l'être réel qui est la cause du phénomène. Dans le cas de l'attraction à distance des atomes, la science constate qu'ils se meuvent comme s'ils s'attiraient. Elle constate qu'il y a développement d'une force attractive et répulsive dans la direction qui joint les centres des atomes et suivant telle loi. Mais aucune expérience ne peut dire si un atome en attire réellement un autre, ou s'ils sont poussés l'un vers l'autre par une cause invisible.

Cette incompétence de la science pure à prononcer sur la question entre les monades et les atomes est admise en général par les monadistes eux-mêmes. Néanmoins ils essayent par certaines considérations de faire intervenir d'une manière indirecte la science dans cette question qui lui est étrangère.

De là une seconde espèce d'arguments, que nous pouvons appeler semi-scientifiques et que nous devons écarter.

Arguments semi-scientifiques. — Ces arguments peuvent être ramenés à trois chefs.

1° Le système des points matériels inétendus suffit pour expliquer les faits scientifiques ; il n'est pas nécessaire d'en imaginer un autre.

2° Le système des atomes implique la possibilité du choc réel des atomes. Or nous ignorons les lois de ce choc ; il faudrait donc supposer, pour l'expliquer, des propriétés inconnues de la matière ; ce seraient des hypothèses gratuites.

3° Un grand nombre de savants sont satisfaits par l'hypothèse des points matériels ; donc cette hypothèse est conforme à l'esprit scientifique.

Ces trois raisons sont sans valeur ; il va nous être facile de le démontrer.

1° Nous pouvons d'abord contester l'assertion même des monadistes.

Est-il bien vrai que le système des points matériels avec

attractions et répulsions à distance explique tous les faits scientifiques?

Il explique les faits qui sont du domaine de la mécanique moléculaire et de la physique.

Il explique suffisamment les ondulations lumineuses et sonores.

Il n'explique les faits chimiques qu'avec la supposition d'une *affinité élective* à distance, supposition très étrange qui suppose une sorte de connaissance à distance ou de sensibilité spéciale de chaque espèce de matière pour telle autre espèce.

Il n'explique nullement encore l'électricité ni le magnétisme. Les expressions d'électricité positive ou négative, de courant électrique sont de simples classifications de faits, qui ne correspondent pas à une représentation géométrique précise de points inétendus en repos ou en mouvement, s'attirant ou se repoussant les uns les autres.

Maintenant, l'explication fût-elle complète, faudrait-il croire qu'elle est définitive, que la science a dit son dernier mot, et que les formules tirées de l'hypothèse des points matériels ne seront pas remplacées par d'autres formules plus compliquées, tirées d'une autre hypothèse. Peut-on affirmer que l'hypothèse des points matériels est l'explication dernière, et non l'une des approximations successives de l'explication des phénomènes?

Il y aurait une très grande imprudence à se prononcer ainsi. Qui ne sait combien de fois dans l'histoire des sciences, on a vu des explications qui semblaient satisfaisantes, céder la place à d'autres explications? Combien de faits étaient expliqués par le système newtonien de l'émission? Combien par l'idée de la chaleur latente?

Au sujet de la constitution moléculaire des gaz, la théorie primitive de Boscovich n'a-t-elle pas été renversée par les expériences de M. Clausius et remplacée précisément par un système où le choc se substitue à la répulsion à distance?

L'argument n'est donc pas valable, ou du moins tout au

plus conduirait-il à une probabilité en faveur du monadisme, s'il n'y avait contre ce système aucune raison. Mais s'il y a, comme nous le montrerons, de graves raisons philosophiques en sens inverse, cette probabilité elle-même s'évanouit.

2° Le second argument n'est pas plus fort. Sans doute nous ignorons les lois du choc des atomes véritables. Nous ne pouvons pas les assimiler à celles du choc des corps visibles, parce que ces dernières lois reposent sur la décomposition des corps en molécules? Mais pourquoi n'y aurait-il pas des lois de la nature qui nous sont inconnues, que nous découvrirons plus tard, ou même que nous ne découvrirons jamais? Ici encore l'argument aurait une certaine valeur, s'il n'y avait aucun motif pour s'éloigner de l'hypothèse des monadistes ; mais, s'il y a un motif grave de le faire, le fait que l'autre hypothèse suppose dans les corps des propriétés à nous inconnues n'est pas une objection.

3° Nous pouvons écarter également l'argument d'autorité tiré de l'opinion de certains savants, de MM. Faraday, Cauchy, etc., etc. — En métaphysique et en science pure, l'argument d'autorité n'est pas admis.

De plus, le témoignage de ces savants ne représente pas l'unanimité ni même la majorité des personnes compétentes. Il y a un grand nombre de savants qui ne sont pas satisfaits par l'hypothèse des points matériels. Il est vrai, et nous devons en convenir, que ces savants n'admettent pas en général les atomes étendus, et qu'ils s'en tiennent souvent à la formule de M. Berthelot, citée plus haut, qui déclare également incompréhensibles la monade et l'atome.

Citons cependant, en faveur de l'atomisme, un philosophe dont la compétence scientifique est incontestable. M. Naville, dans son beau livre *La logique et l'hypothèse* s'exprime ainsi :

« Newton considérait la pensée qu'un corps puisse agir sur un autre à distance et sans intermédiaire comme une absurdité si grande qu'elle ne saurait être admise par per-

sonne capable de raisonnement philosophique. Je crois, comme le grand astronome, que la transmission du mouvement au contact est seule intelligible, et que la négation de tout autre mode de transmission devient, dans un esprit scientifiquement cultivé, une sorte d'instinct. »

M. Naville cite à ce sujet, en l'approuvant, une parole de Cuvier : « Les lois du choc constituent seules en physique de véritables explications. »

Les monadistes, qui repoussent toute idée de choc en niant les dimensions de l'atome, sont donc loin d'avoir en leur faveur l'opinion de l'unanimité, ni même de la majorité des savants.

Il est d'ailleurs facile de s'expliquer l'illusion des savants qui soutiennent avec tant de chaleur le système des points matériels. Ce système consiste à transformer en une vérité absolue et objective une hypothèse scientifique qui permet de prédire les faits. N'est-il pas naturel que des savants, habitués à leurs formules, soient disposés à leur conférer une vérité absolue, lorsqu'elles sont vérifiées par l'expérience ? La plupart de ces savants, d'ailleurs, sinon tous, sont des mathématiciens ; or l'habitude des mathématiques conduit à confondre l'abstrait avec le concret, à réaliser l'abstrait, objet des opérations algébriques. Un mathématicien peut donc, plus facilement qu'un autre, tomber dans l'illusion qui fait d'un point mathématique, simple abstraction, une réalité concrète. Ce ne sont pas de simples savants qui peuvent prononcer sur cette question. Ce sont uniquement ceux qui sont à la fois savants et métaphysiciens. Or, ceux-ci sont sur cette question, comme sur la plupart des questions métaphysiques, fort divisés. Le mieux est donc d'abandonner l'argument d'autorité, et d'en venir aux véritables preuves rationnelles.

Arguments d'ordre moral. — Néanmoins, il sera utile auparavant d'écarter un autre ordre d'arguments, ceux que nous appelons arguments d'ordre moral.

Nous appelons arguments d'ordre moral, ceux qui résultent d'un lien réel ou prétendu entre une question métaphysique et l'ensemble des doctrines spiritualistes.

Il semble étrange que de pareils arguments soient invoqués en présence d'une question aussi inoffensive en apparence que celle de l'atome et de la monade.

C'est cependant ce que font certains monadistes.

Voici comment ils procèdent pour rattacher la monade à l'existence de Dieu et à l'immortalité de l'âme.

Il a existé dans l'antiquité un système qui avait pour point de départ les atomes et qui concluait à l'athéisme. C'est le système d'Épicure et de Lucrèce.

Dans les temps modernes, le système des atomes a été soutenu par Gassendi en union avec certaines erreurs qui semblaient diminuer la souveraineté du Créateur.

On a cherché à rendre dans l'avenir l'atomisme responsable des erreurs de ses défenseurs passés.

Ce procédé de discussion n'est pas loyal à notre avis. De ce qu'un système métaphysique a été uni à des erreurs, il ne s'ensuit pas que ces erreurs en sortent logiquement.

L'atomisme que nous soutenons est bien différent de celui de Lucrèce, et même de celui de Gassendi.

Nous ne prétendons pas que les atomes soient incréés, et existent nécessairement.

Nous ne disons même pas, comme Gassendi, qu'ils sont indivisibles pour le Créateur. Nous disons seulement qu'indivisibles par les causes physiques, ils sont doués d'une véritable unité substantielle, conciliable avec leur étendue.

Nous ne prétendons pas expliquer l'ordre du monde, ni l'origine du mouvement, ni surtout les phénomènes intellectuels par les atomes.

Ainsi séparé des données qui lui ont été unies à tort, l'atomisme n'a rien qui soit contraire à la doctrine spiritualiste. Il n'est, au contraire, aucun système qui montre mieux que celui qui prend l'atome pour base la nécessité d'un Créateur, et qui établisse plus nettement la distinction

entre l'âme et le corps, entre la pensée et le mouvement.

Quels sont en effet les éléments du monde matériel selon les atomistes ?

Ce sont des molécules inertes, incapables de se mouvoir elles-mêmes, incapables de produire le mouvement, incapables de s'organiser, ce sont de purs mobiles, de purs réceptacles de force.

Or, ne voit-on pas que ces éléments exigent nécessairement une cause motrice et organisatrice supérieure ?

Ce sont, en outre, des êtres multiples, limités et contingents qui exigent un Créateur.

Ce sont enfin des réalités incapables par elles-mêmes de sensation et de pensée, capables seulement de résister à la pénétration et de transmettre le mouvement.

Si ce sont de tels éléments qui composent les corps, qui ne voit la nécessité d'autres êtres, absolument distincts pour expliquer les phénomènes de vie et de conscience? Grâce à sa simplicité et à sa clarté, l'atomisme met ces vérités en évidence d'une manière éclatante. En est-il de même du dynamisme?

Ne pourrait-on pas reprocher à ce système de confondre la force et la matière, ce qui est l'origine du système de Büchner?

Ne pourrait-on pas dire que du moment que les monades agissent à distance, suivant des lois mathématiques, elles peuvent sentir et penser? Sans doute les monadistes spiritualistes répondront à ces objections, mais elles peuvent être faites avec une apparence plausible, et si nous voulions user d'arguments de l'ordre moral contre le monadisme, il nous serait aisé de montrer l'appui que ce système peut donner au matérialisme en attribuant l'activité à la matière ; nous pourrions dire qu'il conduit à la confusion de la matière et de l'esprit, erreur principale de notre temps. Mais nous ne voulons pas user de tels arguments, nous ne croyons pas qu'ils soient admissibles dans une discussion philosophique loyale. Tout ce que nous demandons c'est

que des arguments du même ordre ne soient point employés contre l'atomisme.

Raisons métaphysiques, leur nature. — Jusqu'ici notre discussion a été purement négative. Nous avons écarté du débat une série de raisons sans valeur, que bien des auteurs allèguent à la suite les unes des autres, pêle-mêle avec les raisons véritables.

Arrivons maintenant aux raisons vraiment concluantes. Ce sont uniquement les raisons métaphysiques. Ni la science, ni l'autorité des savants, ni la philosophie générale ne tranchent la question ; le problème regarde purement la métaphysique.

Il ne regarde même pas la métaphysique générale, celle qui traite de l'être, de la cause et de la substance.

Nos deux systèmes peuvent, en effet, s'accorder avec les données et les principes de la portion de la philosophie qui regarde tous les êtres. Le problème appartient uniquement à une partie de la métaphysique, à la métaphysique spéciale qui traite de l'étendue et des corps.

C'est dans les principes de cette métaphysique uniquement que l'on peut chercher des arguments pour ou contre chacun des systèmes que nous comparons.

De cette considération résultent deux conséquences.

En premier lieu, l'emploi de ces arguments suppose la croyance à la métaphysique en général. Les positivistes proprement dits, ceux qui nient la valeur de la métaphysique, ceux qui n'admettent rien au delà de l'expérience pure n'ont aucune qualité pour traiter cette question. Elle est, d'après leurs principes mêmes, écartée d'avance et déclarée sans objet.

En second lieu cette question ne concerne que ceux qui croient à l'objectivité de l'étendue.

Il est un groupe nombreux de philosophes contemporains qui considèrent l'étendue comme une simple apparence ou une conception subjective, qui veulent que les sensations

qui nous suggèrent la notion d'étendue viennent de causes inconnues, qui ne sont elles-mêmes ni étendues ni localisées.

Évidemment ces philosophes n'admettent pas qu'il existe une métaphysique spéciale relative aux réalités situées dans l'étendue. Il n'y a selon eux qu'une réalité accessible à la connaissance humaine, savoir le moi et ses sensations.

La question que nous traitons ne les concerne donc pas ; ils sont nécessairement neutres, puisqu'ils ne croient ni à l'atome, ni à la monade.

La question se pose donc uniquement entre ceux qui croient à l'autorité de la métaphysique et à l'objectivité de l'étendue.

Voici maintenant dans quel ordre nous allons essayer de la traiter.

Nous commencerons par étudier, en nous fondant sur le bon sens, quels sont les rapports qui doivent exister entre la substance matérielle et l'étendue, comment cette substance existe et est localisée dans l'étendue. Nous verrons que, considéré à ce point de vue spécial, le monadisme soulève de très graves objections.

Puis nous étudierons la notion d'impénétrabilité, notion qui doit être admise par nos adversaires, au moins au point de vue expérimental.

Nous reconnaîtrons que le concept vrai de l'impénétrabilité est la condamnation directe du monadisme.

Nous étudierons ensuite l'inertie, notion également commune, au moins quant au nom, aux deux systèmes. Nous chercherons quelle est la vraie définition rationnelle de l'inertie, et nous reconnaîtrons qu'elle exclut l'action à distance.

Nous passerons ensuite à l'étude de la notion de force, et nous prouverons que la force ne saurait être l'essence de la substance matérielle.

Après avoir ainsi discuté et réfuté le monadisme par des raisons toutes tirées, comme on le voit, de la métaphysique spéciale des réalités qui constituent le monde visible, nous

examinerons, en présence des mêmes principes, la situation de l'atomisme. Nous montrerons que l'objection capitale contre les atomes tirée de la divisibilité indéfinie de l'étendue est susceptible d'être résolue, et que la solution même de cette objection conduit à une connaissance assez intime et assez profonde de la réalité matérielle.

Nous examinerons ensuite comment le monde visible peut être constitué par des atomes, et s'il y a lieu, dans une certaine mesure, de leur adjoindre des forces.

II.

DES RAPPORTS ENTRE LA SUBSTANCE MATÉRIELLE ET L'ÉTENDUE.

L'espace existe à l'état objectif en dehors de nous. Tel est le principe commun au dynamisme de Boscovich et à l'atomisme. Ce sera notre point de départ.

Mais si l'espace existe, il doit contenir quelque chose. Il serait absurde de supposer un espace objectif et de n'y rien mettre.

Les corps sont dans l'espace.

Point de difficulté jusqu'ici. L'accord se maintient. Que les corps soient composés d'atomes, ou que ce soient des groupes de points matériels, rien n'est changé, par suite de cette différence, dans la situation locale de l'ensemble, de l'agrégat formé de ces atomes ou de ces points.

Allons plus loin. Les corps sont des réalités et non des apparences.

De pures apparences peuvent être imaginées dans l'espace; telles sont les images vues derrière une glace.

Mais ces apparences *paraissent* dans l'espace ; elles n'y sont pas. Elles sont en *nous*. Elles *nous* apparaissent. Si l'espace ne contenait que des apparences, tout ce qu'il contiendrait serait subjectif, et l'espace lui-même pourrait

être considéré comme subjectif, il serait l'œuvre de notre raison ou de notre imagination.

Les corps étant des réalités, sont des substances. Ces mots sont synonymes. On dira peut-être : ce sont des phénomènes ; mais les phénomènes, s'ils sont réels, sont unis à leur sujet, à leur substance ; ils lui sont inhérents ; ils ne font qu'un avec leur sujet. La scolastique suppose que par miracle il peut exister des accidents sans sujets ; personne n'oserait soutenir que le monde visible tout entier se compose de tels accidents. Les seuls phénomènes sans substances qui peuvent exister sont les pures apparences, mais ce ne sont plus des choses objectives. Ce sont des modifications de celui à qui elles apparaissent ; elles n'ont pas de sujet objectif, parce qu'elles ont pour sujet le moi lui-même.

La science a confirmé cette vérité. Le son et la lumière, quant à leur concept propre, ne sont pas des substances ; aussi est-il maintenant certain que ce sont des phénomènes subjectifs, et qu'il n'y a d'objectif que leur cause, c'est-à-dire les vibrations de l'air ou de l'éther.

Les corps qui sont dans l'espace, étant réels, sont donc des substances.

Point de difficulté encore jusqu'ici, au moins à première vue.

Un groupe de points matériels aussi bien qu'un groupe d'atomes est une substance complexe. Un point matériel réel, centre de forces et doué de masse, est une chose permanente et concrète, une substance, et, selon nos adversaires, de tels points sont dans l'espace.

Il y a donc dans l'espace des substances matérielles.

Ici seulement il importe de faire attention. Si en effet, à première vue, le monadisme semble concéder ce point, certains monadistes reviennent sur cette concession en raison précisément des difficultés de leur système.

Le P. Carbonnelle donne comme explication de l'action à distance cette formule :

« La substance atomique est dans l'espace par son action et non par son essence. »

Cette formule se concilie-t-elle avec celle que nous avons énoncée plus haut? Cette formule se concilie-t-elle avec l'idée d'un espace objectif?

Pour répondre à cette question, essayons d'abord d'interpréter la formule : être dans l'espace par son action et non par son essence.

Autant qu'il nous semble, cela veut dire être dans l'espace à titre de cause de phénomènes ; produire des phénomènes dans l'espace, mais ne pas y exister par ses propres et intimes phénomènes.

Si c'est là le sens de la formule, elle s'applique très bien à Dieu et aux êtres purement spirituels, aux anges.

Ces êtres agissent dans l'espace, mais ils n'y sont pas par essence, ils n'y subissent aucun phénomène ; ils ne sont que la cause de ce qui se passe dans l'espace, ils ne sont le sujet d'aucun phénomène étendu.

Seulement, peut-on dire cela des substances matérielles, des monades ou des atomes?

On ne le peut pas par une raison très simple.

Pourquoi peut-on dire de Dieu et des anges qu'ils sont dans l'espace par leur action et non par leur essence?

C'est parce qu'il existe dans l'espace une autre substance, la substance corporelle qui est dans l'espace par essence. C'est à cause de l'existence de la matière dans l'espace que les substances spirituelles peuvent y être par action. Leur action consiste à modifier les substances corporelles, ces substances *subissent* la modification que *produisent* les substances spirituelles. Ces dernières, ne touchant à l'espace que par l'intermédiaire des substances corporelles, sont donc dans l'espace par leur action, en tant qu'elles causent la modification des corps. Elles ne sont pas dans l'espace par leur essence, parce que rien de ce qui leur appartiennt à titre de sujet d'inhérence n'est dans l'espace. C'est en sortant d'elles-mêmes qu'elles entrent dans l'espace,

ou plutôt c'est le phénomène matériel, effet extérieur de leur action, qui seul est localisé directement.

Mais du moment qu'il s'agit des substances corporelles, la distinction est inadmissible. On ne peut pas dire d'une manière générale que toutes les substances corporelles sont dans l'espace par leur action et non par leur essence, sans dire en même temps qu'il n'y a rien de réel dans l'espace.

Sur quoi en effet s'exercerait l'action des substances matérielles? serait-ce sur d'autres substances de même espèce? Mais alors celles-ci, étant modifiées et non modificatrices, subissant et ne produisant pas l'effet, seraient dans l'espace comme sujets et non comme cause, elles y seraient en elles-mêmes, par leur essence et non par leur action.

Serait-ce sur notre moi, notre faculté sensitive? Mais alors l'effet serait subjectif, ce serait une pure apparence ; l'effet ne serait pas plus dans l'espace que la cause.

Serait-ce sur l'espace lui-même, sur le vide?

Mais l'espace et le vide ne peuvent pas être modifiés, ils ne peuvent subir aucune action. Le P. Carbonnelle dit bien que les forces atomiques ont pour effet de transformer un point géométrique en un siège de forces. Mais nous ne pouvons ni ne voulons croire qu'il ait voulu parler au propre et considérer un point géométrique comme le sujet réel d'une transformation. Nous verrons plus loin quel est le vrai sens de cette phrase.

Il faut donc renoncer à dire que les substances matérielles ne sont dans l'espace que par leur action.

Étendue à toutes les substances matérielles, cette formule n'a aucun sens.

Ce qui a un sens, mais un sens que nos adversaires eux-mêmes refusent d'admettre, c'est une autre formule. Les substances matérielles sont inconnues dans leur essence, et ne sont connues que par leur action sur nos facultés sensitives. Ceci se comprend, mais c'est la négation de l'espace objectif, de la réalité des corps, et de la vérité objective des sciences physiques.

Mais du moment que nous prétendons connaître certaines substances matérielles, savoir où elles sont, sortir de notre moi pour atteindre des réalités objectives dans l'espace, il faut bien que quelques-unes au moins de ces substances soient dans l'espace par leur essence, afin de subir l'action des autres et de les localiser indirectement.

Nous avons discuté cette formule parce qu'elle sert d'échappatoire au P. Carbonnelle pour certaines difficultés relatives à l'action à distance. Nous verrons plus loin quelles sont ces difficultés et s'il y a un moyen d'échapper, mais nous avons voulu d'abord fermer une porte ouverte à tort, porte qui conduit tout droit à la négation de l'étendue.

Revenons maintenant à la suite de notre étude.

Nous avons reconnu qu'il y a dans l'espace des substances matérielles présentes par leur essence et non par leur action seule. Nous allons maintenant nous demander où elles sont?

La réponse du bon sens est très simple.

Chacune de ces substances est à chaque instant dans un lieu déterminé. Chaque corps, substance complexe, est renfermé dans une surface à trois dimensions située dans un certain lieu de l'espace.

Chaque atome, si nous adoptons l'atomisme, est renfermé dans un lieu à trois dimensions.

Chaque point matériel, si nous adoptons le monadisme, est dans un lieu sans dimensions, mais nettement déterminé.

Ici encore l'accord est complet : seulement c'est en ce moment qu'intervient la difficulté de l'action à distance.

Ces points matériels sont dans un lieu déterminé, mais ils agissent en dehors de ce lieu. — Ils agissent à distance.

Suivant les monadistes, cette action à distance est réelle ; chaque point est la cause efficiente du mouvement des autres points. C'est la terre qui attire efficacement la lune, dont elle est cependant éloignée de 240 000 kilomètres.

Or, contre cette idée s'élève une formidable objection.

Peut-on dire qu'un corps agit à distance de lui-même,

c'est-à-dire là où il n'est pas? N'est-ce pas une complète absurdité? Agir, c'est être. Agir quelque part, c'est être en ce lieu d'une certaine manière. Prius est esse quam operari, dit l'école.

C'est cette impossibilité d'agir où l'on n'est pas qui est la véritable raison qui fait que bien des esprits philosophiques rejettent l'action à distance. C'est la raison qui a retenu Newton et l'a empêché de dire que les corps célestes s'attirent réellement. C'est la raison qui a fait dire à M. Naville que la transmission du mouvement au contact est seule intelligible.

Les partisans de l'action à distance, ont, hâtons-nous d'en convenir, une réponse à cette objection.

Il y a, disent-ils, deux manières d'être dans le lieu, par son essence et par son action. Or, il ne répugne pas qu'une substance soit dans un lieu par son essence et dans un autre lieu par son action. La substance de la terre est au lieu où se trouve la lune, mais elle y est comme cause attractive et non comme corps figuré et mobile.

Logiquement la solution est exacte. L'est-elle également au point de vue du bon sens ? N'y a-t-il pas, malgré tout, une répugnance à admettre cette double présence des corps dans l'espace ? Nous faisons sur ce point une réserve ; nous le discuterons plus loin.

En attendant et sous cette réserve, nous acceptons la distinction entre les deux modes de présence d'un corps dans l'espace, la présence par essence et la présence par seule action, la présence en son propre lieu, et la présence en un lieu étranger.

Observons seulement que cette distinction est absolument nécessaire pour pouvoir admettre sans contradiction l'action réelle à distance. Acceptons-la, mais comme un principe dont nous tirerons les conséquences et non comme un simple refuge contre une objection. Il n'y a rien de plus dangereux dans les discussions que ces sortes de refuges où l'on entre quand on est pressé par l'adversaire sauf à en

sortir pour n'y plus rentrer et ne pas tenir compte de ce qui y était contenu.

Les corps ont donc, dans le système monadiste, deux sortes de présence dans l'espace. Ils sont dans leur propre lieu par essence, et ils sont ailleurs par leur action.

Examinons maintenant en quoi consiste, dans le système monadiste, cette présence par essence, cette présence en son propre lieu, distincte de cette autre présence par action, par laquelle les mêmes points matériels se trouvent en rapport avec les objets extérieurs.

En d'autres termes : Qu'est-ce qu'un point matériel ?

Nous ne nous arrêterons pas à une première explication du P. Carbonnelle qui dit que la présence d'un corps en son lieu consiste en ce qu'il peut y être touché.— Sans discuter la valeur de cette solution en ce qui concerne les corps, nous pouvons dire qu'elle est sans valeur à l'égard des points matériels qui sont intangibles.

Passons à la seconde explication. Le point matériel, disent ordinairement les monadistes, est un siège ou un centre de forces.

Cette définition mérite d'être analysée avec soin.

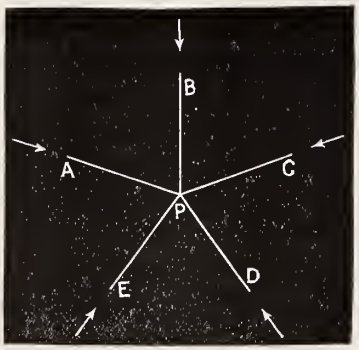
Qu'est-ce qu'un centre de forces ?

On peut entendre par ces mots :

Un centre où *sont* actuellement les forces : un centre d'où elles *émanent réellement :* un centre *vers lequel* elles tendent, ou, si l'on veut, un centre idéal où leurs directions se rencontrent.

Pour bien préciser les idées et choisir entre ces trois significations, représentons par une figure le point centre des forces et d'autres points attirés par lui.

Les forces qui poussent les points sont représentées par les flèches.



Or, en premier lieu, ces forces sont-elles au point P et y sont-elles appliquées ?

Nullement ; elles sont respectivement appliquées en A, B, C, D, E, elles sont en ces points et non ailleurs. Nous n'avons aucun droit de les transporter au point P, où d'ailleurs elles se détruiraient mutuellement. Sans doute, dans les problèmes de statique, on considère comme permis de transporter une force en un point quelconque de sa direction. Mais ce transport est purement fictif; il se fait en partant de l'hypothèse que les diverses forces dont on veut étudier l'équilibre sont appliquées à un système solide invariable. Cette hypothèse n'est nullement réalisée dans la nature. Le transport des forces n'est donc pas permis.

Les forces ne sont donc pas au point P.

Peut-on dire maintenant qu'elles en émanent, qu'elles en viennent ?

Que signifie cette métaphore ? La force attractive est-elle une entité qui marche de P vers A, pour venir saisir A comme par un crochet et la ramener vers P. Ce serait une idée ridicule. Si de plus il était vrai qu'il y eût des réalités quelconques émanant de P, pour aller vers A, B, etc., P ne saurait être un point géométrique ; ces réalités devraient

sortir de P dans différents sens, et il leur faudrait de la place pour passer. Mais tout cela est imaginaire.

Ce qui est vrai, dans l'hypothèse de l'action à distance, c'est que les forces sont produites par un agent identique à la substance de P.

C'est en ce sens seulement qu'elles émanent, non pas du point P, mais de la substance du point P.

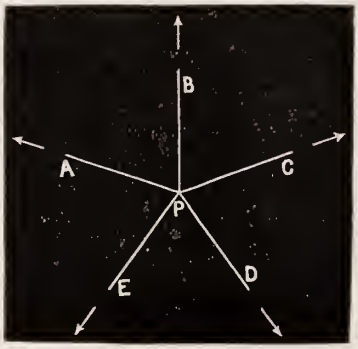
Seulement n'oublions pas que cette substance a deux modes de présence, l'un en P *par essence*, l'autre en A, B, C, D, E, et dans le reste de l'espace *par action*.

Or, évidemment, si cette substance agit en A, B, C, D, E, ce n'est pas en vertu de sa présence par essence en P, c'est en vertu de sa présence par action en A, B, C, D, E. Elle ne sort pas de P, pour aller chercher les points A, B, C, D, E, elle est présente en A, B, C, D, et E, et elle pousse ces points vers P.

On ne peut donc pas dire que les forces émanent du centre P ; elles émanent de la substance qui est présente d'une certaine manière en P. C'est tout autre chose.

Quel est donc le rapport de ces forces avec le centre P ? C'est uniquement celui-ci : elles tendent vers P, — elles y tendent sans pouvoir y arriver, elles poussent vers P.

Ou bien, si ce sont des forces répulsives, elles tendent à éloigner de P, elles poussent les points A, B, C, D, et E, suivant des directions qui, prolongées en arrière, se rencontreraient en P.



Qu'est-ce donc qu'un centre de forces ?

C'est un point idéal où convergent les directions de certaines forces.

Et qu'est-ce que *transformer un point géométrique* en un centre de forces ?

C'est pousser certains mobiles vers ce point unique, ce n'est pas autre chose.

Cette vérité que le centre de forces n'est qu'un point idéal, a été reconnue par le fondateur même de la théorie de la gravitation. Voici ce que dit Newton à ce sujet :

« Je me sers indifféremment des mots d'impulsion, d'attraction ou de propension quelconque vers un centre : car je considère ces forces mathématiquement et non physiquement ; ainsi le lecteur doit bien se garder de croire que j'ai voulu désigner par ces mots une espèce d'action, de cause ou de raison physiques ; et lorsque je dis que les centres attirent, lorsque je parle de leurs forces, il ne doit pas penser que j'aie voulu attribuer aucune force réelle à ces centres, que je considère comme des points mathématiques. »

Tout est donc idéal dans le centre des forces : les forces ne confèrent pas au point matériel, censé être leur siège, la plus petite ombre de réalité.

Si donc ce point n'est qu'un centre de forces, autant dire que ce point n'est pas réel. Un point géométrique abstrait suffit parfaitement pour ce rôle. Seulement si l'on veut prouver la réalité du point matériel, il faut donc renoncer à cette explication.

Si d'autre part on renonce à faire cette preuve, si l'on admet que ce point matériel n'est pas réel, les corps qui sont des agrégats de pareils points perdent aussi toute réalité. Le monde entier s'évanouit, et il ne reste que des forces planant en l'air sans point d'appui. Elles n'auraient plus ni siège, ni point d'application, puisque tous les points seraient purement idéaux.

Ici encore, hâtons-nous de le dire, nous ne considérons

pas le monadisme comme perdu. Il a une ressource dont, il est vrai, les monadistes n'usent guère, mais que nous devons leur suggérer.

Si la qualité de centre de forces ne confère au point idéal de concours des directions de ces forces aucune réalité, il existe une autre propriété du même point matériel qui est plus saisissable et plus solide.

C'est celle d'être le point d'application des forces extérieures, de subir l'action de ces forces. Les forces extérieures s'appliquent réellement à leur point d'application : il faut, pour qu'elles le saisissent, que ce point d'appui soit quelque chose de concret et de réel.

Ce point d'appui des forces a d'ailleurs plusieurs propriétés réelles dont nous devons tenir compte. Il est mobile, il se déplace sous l'action des forces. Il est inerte, c'est-à-dire qu'il ne prend de mouvement nouveau que sous l'effet d'une force, qu'il conserve son mouvement indéfiniment. Il a une masse, c'est-à-dire une sorte de dimension dynamique, bien qu'il soit par hypothèse privé de dimensions géométriques. Quand il est en mouvement, il possède une force vive déterminée, il devient une cause capable d'une certaine mesure d'effets. Sa force vive est transmissible.

Voilà une série de propriétés qui appartiennent, non pas à la substance du point matériel présente par action en dehors de lui, mais à la même substance présente par essence au lieu même où se trouve le point matériel.

Ainsi se vérifie le principe posé plus haut, qu'il faut nécessairement que les substances matérielles soient présentes par leur essence quelque part, pour qu'elles-mêmes ou que d'autres substances puissent être présentes par leur seule action.

Au point matériel se trouve la substance de la monade, présente à titre de sujet de certains phénomènes, sujet du mouvement, sujet de la masse, sujet de la force vive, présente à l'état passif et non à l'état de cause, subissant l'action des autres forces et ne produisant pas d'action.

C'est ainsi qu'en appliquant jusqu'au bout le principe de la double présence des substances matérielles, présence en son propre lieu par essence et présence au dehors par action, on arrive à donner au monadisme une forme avouée par la logique et correspondant exactement aux faits scientifiques.

Jusqu'ici les monadistes ne doivent pas se plaindre de notre mode de discussion. Nous leur avons fait la partie belle ; nous avons non seulement accepté, mais développé ce qu'il y a d'admissible dans leurs explications. Seulement nous avons étalé leur système sous une forme sensible et géométrique, ce qui, s'il est vrai, fera apparaître sa vérité et, s'il est inexact, manifestera ses défauts.

Ce système, le voici : Il existe un grand nombre d'êtres réels, appelés monades ou substances monadiques si l'on veut. Ces êtres sont répandus dans l'univers entier. Chacun a deux modes très distincts de présence dans le lieu. Il est présent par essence en un certain point déterminé. En ce point il est mobile, inerte, doué d'une masse mesurable, capable de force vive. Il est en outre présent dans un grand nombre d'autres lieux, mais seulement par action. Il manifeste cette seconde présence en attirant ou en repoussant les points matériels qui se trouvent en ces lieux suivant des lignes droites qui, prolongées idéalement, passent par le point géométrique où il est présent par essence.

En tant que présentes par essence, les substances matérielles sont séparées l'une de l'autre, chacune étant présente dans un point distinct.

En tant que présentes par action, ces différentes substances coexistent dans les mêmes lieux, et leurs actions se combinent en une résultante unique.

Enfin, si l'on comprend la gravitation, qui s'étend à l'univers entier, parmi les actions de ces êtres matériels, on pourra dire que chacun est présent par action dans l'univers entier, sauf un seul point, celui même où il est pré-

sent par essence, car il attire tous les autres points matériels en quelque lieu qu'ils soient, et il n'agit pas sur lui-même.

Nous prions les monadistes de bien examiner ce système et de voir si ce n'est pas précisément celui qu'ils soutiennent. Points matériels sans dimension, attractions et répulsions réelles, substances présentes là où elles agissent, ce sont tous les principes du dynamisme Boscovichien. Ce que nous y avons ajouté, à savoir la masse du point matériel, est une donnée scientifique incontestable.

Peut-être cependant les monadistes seront-ils étonnés en présence de leur propre œuvre. Ils s'étaient contentés d'affirmer leur système, ils n'avaient jamais essayé de le concevoir d'ensemble.

Tout bizarre qu'il est, ce système est cependant bien supérieur au simple mélange de forces vagues sans points d'application dont nous parlions tout à l'heure. C'est encore le meilleur des systèmes dynamistes, il vaut cent fois mieux que les ridicules et obscures élucubrations de Wolf ou même que le système chimérique de Leibnitz.

Les points matériels, réalités concrètes auxquelles les forces s'appliquent, composent, tout maigres et subtils qu'ils sont, une sorte de charpente de l'univers. Ils relient les forces ensemble et sont reliés par elles.

Nous pouvons maintenant passer à la critique du système.

Observons en premier lieu que le monadisme, exposé comme nous l'avons fait d'une manière complète, n'a nullement la simplicité dont il se vante. En supprimant l'étendue de l'atome les monadistes croient avoir créé un être simple. Or, ce qu'ils ont créé, c'est un être incohérent et double, un être qui a une double existence, l'une en son propre lieu, l'autre en dehors, l'une purement active, l'autre à moitié passive, l'une comme cause de mouvement, l'autre comme mobile résistant aux changements de vitesse. La simplicité apparente du système s'est évanouie;

il se manifeste comme une solution bizarre et compliquée d'un problème à éléments multiples. Les monadistes prétendaient avoir trouvé l'essence simple de la matière qui est selon eux la force même. Or, cette essence est double : force motrice au dehors, elle est inertie et force résistante au dedans, là où se trouve le point matériel lui-même.

Mais ce n'est pas tout. Nous avons réservé le jugement du bon sens : nous pouvons maintenant invoquer son témoignage. Or, aux yeux du bon sens, cette seconde existence à distance de la première, cette présence par action qui vient doubler la présence par essence est tout à fait inadmissible. Quoi! la terre serait présente là où est le soleil, à 33 millions de lieues de son lieu actuel. La lune serait présente à la surface terrestre ! Mon corps serait présent dans les étoiles !

Aux yeux du bon sens chaque corps est en son lieu et non ailleurs ; chaque portion de matière est circonscrite dans sa surface.

Sans doute le bon sens ne repousse pas, à première vue, l'action à distance. L'idée qu'un être agit sur ce qui est loin de lui n'est pas absurde. On comprend qu'un corps puisse agir sur un autre par l'effet d'un intermédiaire, comme cela a lieu pour la chaleur qui se communique. On comprend qu'il puisse y avoir une diffusion matérielle de quelque chose d'invisible et de subtil qui passe d'un corps à un autre. On comprend aussi qu'un être, pourvu qu'il soit sensible, soit attiré par la beauté quand il la voit de loin. Mais quand on réduit l'attraction à distance à sa forme rigoureuse, quand on suppose deux êtres dépourvus de sensibilité, et placés à distance avec un vide intermédiaire, quand on supprime toute émanation et diffusion matérielle, quand surtout, appliquant le principe qu'un être ne peut agir que là où il est, on en conclut qu'un corps est présent par son action là où il n'est pas présent par son essence, on arrive à une conception tout à fait inadmissible. Je suis convaincu que les dynamistes Boscovi-

chiens eux-mêmes ne s'accoutument à cette idée que parce qu'ils y joignent l'idée fausse d'une émanation de la force, supposée semblable à une matière subtile, à partir d'un point. C'est par cette métaphore inexacte qu'ils rétablissent un intermédiaire factice entre les deux points qui sont censés agir l'un sur l'autre à distance.

L'idée qu'un corps est présent en dehors du lieu qui le contient, l'idée surtout qu'il serait présent partout, répugnent au sens commun.

Cette idée est cependant, comme nous l'avons reconnu, la seule explication logique de l'action à distance.

Nous devons convenir cependant que l'idée d'une présence en dehors du lieu propre où se trouve le point matériel serait bien plus facile à admettre, s'il s'agissait d'une action à très courte distance, chaque point matériel ayant une très petite sphère d'action. Dans ce cas la substance entière de la monade serait circonscrite dans un espace déterminé, mais elle existerait dans cet espace de deux manières, à titre de force dans l'espace entier, à titre de mobile au centre.

Les corps observables, dans cette hypothèse, seraient circonscrits dans leur surface apparente, la présence par action de leurs points matériels débordant de très peu leur présence par essence. Dans cette limite la double présence serait moins difficile à accepter. Nous aurons l'occasion d'en reparler plus loin.

Revenant maintenant à la critique générale du monadisme, nous constaterons que, si le bon sens ne saurait accepter la double présence des corps, nécessaire au système que nous combattons, il n'admet pas davantage qu'un point sans dimensions géométriques puisse contenir une réalité concrète ayant une masse, c'est-à-dire une dimension dynamique. Il ne s'agit plus ici de forces qui, concourant au centre, ne sont pas au centre même ; il s'agit d'une masse mobile qui doit se trouver présente là où a lieu le mouvement, c'est-à-dire au lieu même où se trouve le

point matériel. Or une telle masse peut-elle occuper un lieu à dimensions nulles? Cela semble impossible.

Nous n'arrivons en effet au point matériel que par une abstraction. Notre première donnée expérimentale, c'est le corps ayant trois dimensions géométriques et une dimension dynamique, la masse. C'est ce corps qui est le vrai mobile, occupant successivement divers lieux, lesquels sont de vrais lieux, c'est-à-dire des capacités à trois dimensions.

Quand, par abstraction, on supprime une seule des dimensions, tout s'évanouit, corps, masse et réalité, il ne reste qu'une limite abstraite. A plus forte raison tout disparaît-il quand on suppose détruites les trois dimensions.

Il n'y aurait qu'un moyen d'échapper à cette conclusion, ce serait de faire sortir de l'espace la masse elle-même du point matériel, de ne laisser subsister au point même qu'une espèce de point d'appui des forces, avec lequel serait mystérieusement liée une puissance résistante et inétendue.

Mais alors le point matériel perdrait de nouveau toute réalité, et les corps composés de tels points s'évanouiraient encore.

Telles sont les graves objections contre le monadisme qui résultent du simple examen de ce système considéré au seul point de vue des rapports entre l'étendue et la matière.

Nous sommes convaincus que les esprits vraiment philosophiques, qui cherchent à bien distinguer l'abstrait du concret et le réel de l'idéal, seront frappés de ces objections.

Nous croyons également que ceux qui admettent si facilement le dynamisme se font illusion, que l'idée qu'ils conservent du point matériel est toujours celle d'un très petit corps, véritable point d'appui des forces et réceptacle de la force vive motrice.

Continuons maintenant notre étude, et nous trouverons des raisons plus fortes encore contre le dynamisme dans l'examen des deux autres propriétés vulgairement attribuées à la matière, l'impénétrabilité et l'inertie.

III.

LE PLEIN ET LE VIDE.

L'idée d'impénétrabilité semble au premier abord étrangère à la conception dynamique de l'univers.

Cependant il y a un sens selon lequel cette notion peut être admise, même par les partisans du système de Boscovich. Il y a une impénétrabilité expérimentale que ne sauraient nier ceux qui admettent la réalité de l'univers visible.

Les corps observables s'excluent mutuellement du lieu qu'ils occupent. C'est un fait incontestable. C'est même par cette exclusion mutuelle seulement que nous pouvons distinguer les corps les uns des autres. Les corps ne sont connus dans leur réalité que par le toucher, et ne sont tangibles que parce qu'ils résistent à la pénétration.

Les partisans des points matériels peuvent admettre cette impénétrabilité. Ils peuvent même en donner l'explication dans leur système.

Si les corps composés de points matériels s'excluent mutuellement du lieu qu'ils occupent, c'est parce que les points matériels se repoussent mutuellement quand ils arrivent à des distances mutuelles suffisamment petites. Il en résulte que les points qui appartiennent à un corps ne sauraient pénétrer dans les interstices des points qui en constituent un autre, sans se rapprocher de ces derniers plus que ne le permettent les forces moléculaires.

Nous ne contestons pas que le monadisme ne s'accorde avec l'impénétrabilité purement expérimentale. Nous n'accusons pas les partisans de ce système d'être en opposition directe avec les faits observables.

Mais ils sont en opposition avec l'interprétation directe et spontanée que la raison humaine donne de ces faits

aussitôt qu'ils parviennent à sa connaissance, ou plutôt avec la manière selon laquelle ces faits sont conçus à l'instant même où l'idée de la réalité objective se dégage de nos sensations.

Dès l'instant en effet que par le toucher nous découvrons les formes géométriques résistantes à trois dimensions, nous considérons ces formes comme des formes *pleines*. Nous nous formons immédiatement l'idée de la distinction de deux sortes d'étendue que nous concevons également comme continues, l'une occupée par la matière, l'autre vide; l'une dans laquelle la matière ne peut pas entrer, parce qu'il y a déjà une autre matière, l'autre au contraire perméable et accessible.

Les idées de lieu plein et de lieu vide sont certainement primitives et indestructibles. Certains dynamistes les ont qualifiées de *physique grecque*, mais cette physique grecque est la physique de tous les temps. Épicure, en inventant les atomes, et en les faisant mouvoir dans le vide, a fait une hypothèse qui mettait en évidence ces notions premières, mais il n'a pas inventé ces notions. Descartes, qui n'était pas grec, ni attaché à la tradition de la philosophie grecque, a fait reposer son système du monde sur l'idée du plein excluant le vide. Son système même et les difficultés qu'il a rencontrées, sont la preuve que ces idées existaient de son temps. Si l'idée de plein et du vide et de leur absolue opposition n'avait pas existé, Rohault n'aurait pas eu l'occasion de « sécher pour concevoir, comment, tout étant plein, tout a pu se mouvoir. »

Ce qui est remarquable, c'est la persistance et, pour ainsi dire, l'élasticité de ces idées, la manière dont elles résistent aux démentis apparents que leur donne l'expérience.

Je touche un morceau de bois, je reconnais qu'il résiste à la pénétration, qu'il exclut ma main du lieu qu'il occupe. Je plante un clou dans ce même morceau de bois. Le clou entre et disparaît. Je pourrais croire au premier abord que ce clou est réellement entré dans le bois. Mais ce n'est pas

ainsi que j'interprète le fait. Je crois que le bois s'est écarté, et que le clou occupe une partie de l'espace, et le bois une autre partie. Pourquoi cela? Il y a deux expériences, l'une indiquant absence de pénétration, l'autre disant pénétration. Pourquoi donner raison à la première ? Parce qu'il est impossible que deux corps occupent le même lieu ; parce que cela est contraire à la nature, à l'essence de ces corps.

Je vais plus loin : concevant que les parties du bois n'ont pas pu s'écarter sans rencontrer derrière elles d'autres parties je prononce que le bois n'était pas plein d'une manière continue. Je suppose des intervalles vides et des parties pleines.

C'est ainsi que la notion générale de plein et la notion corrélative de vide, dégagées d'une première expérience, servent de correctif et d'explication aux expériences suivantes.

Au premier abord la notion de plein s'applique aux corps solides qui nous entourent et la notion de vide aux espaces intermédiaires.

Bientôt nous arrivons à reconnaître que les corps solides ne sont pas absolument pleins, mais contiennent des intervalles apparents. Nous reconnaissons aussi que les intervalles apparents ne sont pas vides, mais contiennent une matière plus subtile.

Nous reconnaissons que le plein et le vide n'étaient pas où nous pensions qu'ils étaient, mais nous ne doutons pas pour cela de l'existence du plein ni de son opposition avec le vide.

De même que le géomètre armé de l'idée de la ligne droite qu'il a extraite de lignes expérimentales dont aucune n'est absolument rectiligne, se sert de cette notion pour juger les autres lignes qu'il peut rencontrer, de même le physicien ayant saisi dans la première expérience du tact les notions du plein et du vide, applique cette notion aux corps réels et à leurs intervalles, et bien qu'il ne trouve en aucun d'eux le caractère absolu du plein et du vide, et du

vide sans plein, il n'en distingue pas moins nettement les deux espèces d'étendue, l'une pleine qui exclut absolument toute étendue semblable, l'autre vide qui se laisse pénétrer sans résistance.

C'est de plus toujours aux parties pleines des corps que l'esprit humain revient, lorsqu'il cherche le support des phénomènes visibles. Ce sont ces parties qui demandent de la force pour être déplacées. Ce sont elles qui sont les points d'appui des forces, les véritables mobiles. C'est elles qui constituent la charpente de l'univers. Les forces ne se conçoivent qu'à titre de motrices de ces corps impénétrables.

Les points matériels inétendus n'en sont que la réduction et comme l'écrasement extrême fait par un effort de la pensée.

Peut-on maintenant contester la valeur objective de cette idée si universelle et si profondément gravée dans notre raison ?

Peut-on dire que cette idée est illusoire, qu'il n'y a pas de plein, que le plein est une chimère, que l'univers est vide, ou que le vide et le plein ne sont pas opposés ?

Dire cela n'est-ce pas contredire la raison dans une de ses affirmations les plus évidentes et les plus spontanées ?

Voici cependant ce qu'on objecte au nom du dynamisme à l'idée de l'impénétrabilité réelle des éléments matériels :

1° C'est une illusion de sensation. L'impénétrabilité n'est que la résistance tactile. Pour bien connaître les substances corporelles, il ne faut pas s'en fier aux sens mais à la raison.

Nous répondons que l'impénétrabilité n'est pas une sensation. C'est une notion objective ; c'est la notion d'une réalité qui exclut une autre réalité du lieu qu'elle occupe ; notion tout à fait distincte de notre sensation tactile.

Sans doute cette notion sort de nos sensations par voie d'interprétation. Sous ce rapport elle est semblable à l'idée des formes géométriques à trois dimensions et des mouvements objectifs des corps qui résultent de l'interprétation

spontanée et naturelle de nos sensations visuelles et tactiles.

Mais ainsi en est-il de toutes nos notions sur les corps. Prétendre que, pour connaître les corps, il faut faire abstraction complète de tout ce qui vient des sens, ce serait réellement la plus singulière des prétentions.

Traiter des questions métaphysiques relatives aux corps de cette manière, c'est s'interdire l'usage des seuls renseignements que l'expérience peut fournir. C'est créer un monde de fantaisie à la place du monde réel. C'est un peu du reste ce que font les monadistes, lorsqu'ils nous disent qu'au lieu de chercher par notre raison à dégager de nos impressions sensibles ce que sont les corps, il faut que nous réfléchissions sur nous-mêmes, pour trouver en nous l'idée de cause et de substance et la transporter au dehors. En agissant ainsi, on suppose d'avance les substances corporelles semblables de tout point à notre propre substance, supposition gratuite qui, poussée à l'extrême, conduirait aux plus graves erreurs.

L'idée que les corps sont pleins d'une manière continue et s'excluent les uns les autres de l'espace qu'ils occupent, bien loin d'être une sensation, est une idée de raison. C'est l'idée de la matière, naissant, comme celle de l'espace, des sensations qui nous font communiquer avec l'extérieur.

2° L'impénétrabilité expérimentale ou le simple fait de l'exclusion mutuelle des corps observables peut s'expliquer par le système de Boscovich. L'impénétrabilité absolue n'est donc pas nécessaire.

On peut présenter cette objection sous une forme plus saisissante.

Dieu pourrait créer un monde formé de points inétendus. Dans un tel monde les corps s'excluraient les uns les autres comme ils le font actuellement. Donc il n'est pas permis de conclure de cette exclusion à l'existence d'éléments impénétrables.

Avant de répondre à cet argument, nous demandons la permission d'en présenter un autre absolument sembla-

ble qui conduirait à la négation de l'étendue objective.

Tout le système de sensations par lesquelles nous sommes avertis de l'existence de l'espace et des corps pourrait exister en nous subjectivement sans que les corps existent réellement. On ne saurait nier que Dieu ne puisse produire dans les facultés sensibles de notre âme, par une action directe, toute espèce de sensations.

Dès lors nous n'avons pas le droit de conclure de l'existence de ces sensations à celle de l'espace et des corps. Nous n'avons aucun moyen de choisir entre l'hypothèse de l'étendue objective, et celle d'impressions subjectives produites par la toute-puissance divine.

A ce dernier argument je ne connais qu'une réponse.

Sans doute Dieu, par sa toute-puissance, pourrait produire dans notre moi cette série de sensations dont se dégage spontanément l'idée de l'espace et des corps.

Mais, si Dieu produisait cette série de sensations sans que les corps existent, et si en même temps il maintenait dans notre esprit cette faculté interprétative qui dégage les idées objectives des corps des sensations subjectives, il serait lui-même l'artisan d'une immense illusion. Ses attributs ne nous permettent pas de le supposer.

Il faut toujours, en dernière analyse, si l'on ne veut pas tomber dans le scepticisme absolu, ou du moins dans le scepticisme partiel sur le monde extérieur, admettre pleinement la véracité de notre intelligence et s'en fier à son témoignage.

Or, cette réponse que nous faisons au système qui nie entièrement l'étendue objective peut être, avec une force au moins égale, dirigée contre le système qui nie l'impénétrabilité.

C'est un fait incontestable, en effet, que toutes les fois que nous rencontrons un obstacle matériel, nous traduisons notre sensation par cette notion, étendue pleine, réalité occupant l'étendue d'une manière continue, et non pas celle de force émanant d'un centre, ni à plus forte raison par

celle de force présente dans l'espace et dirigée dans le sens de la ligne qui part d'un certain centre.

Si donc Dieu avait formé le monde de points inétendus, et qu'il eût laissé dans notre raison la même tendance invincible à croire à des corps continus pleins, il aurait été lui-même l'artisan de notre illusion.

Nous disons que cet argument a, dans ce cas, une force au moins égale à celle qu'il avait dans le cas précédent.

En effet, la première supposition, celle de Dieu produisant en nous des sensations sans que les corps existent, ne contient rien qui ne soit possible.

Celle, au contraire, de Dieu constituant le monde avec des éléments inétendus et l'action à distance, n'est admissible que si l'on croit que de tels éléments sont possibles et que l'incohérence et la dualité intrinsèque de leur nature n'est pas une véritable contradiction.

Donc, ou il faut renoncer à croire au témoignage de notre raison sur les réalités visibles, auquel cas toute métaphysique des corps disparaît et la question devient insoluble, ou il faut admettre le témoignage le plus clair, le plus constant de cette raison, à savoir que les corps sont impénétrables et occupent l'espace ; qu'il y a du plein dans le monde, et que tout n'est pas vide.

Or, si cette vérité est admise, le dynamisme s'évanouit. Avec le système des points matériels, l'espace est entièrement vide, c'est un vaste désert, où sont marqués des points sans réalités et sans dimensions, sur lesquels agissent des forces placées en dehors de l'espace.

Ce n'est donc pas une métaphysique illusoire, c'est la métaphysique fondamentale et familière du bon sens qui exige que l'édifice de l'univers ne soit pas une simple esquisse idéale de points et de lignes, mais une construction réelle composée d'éléments matériels concrets, pleins et continus. Tant que ces éléments subsistent, quelque petites que soient leurs dimensions et quelque grandes que soient leurs distances, leur assemblage reste réel et mérite

le nom de corps ; il conserve sa nature et son essence matérielle. Quand les dimensions des éléments disparaissent, tout s'évanouit, et il ne reste que des fantômes et des ombres abstraites.

Si donc les éléments premiers continus étaient eux-mêmes incompréhensibles, il faudrait renoncer à connaître l'essence intime des corps ; si ces éléments recélaient une absolue contradiction, cette contradiction atteindrait le monde réel tout entier. Elle atteindrait même l'espace ; car si le continu plein est contradictoire, le continu vide ne l'est pas moins. Mieux vaudrait alors dire avec Stuart Mill, que les corps sont les causes inconnues de nos sensations : mieux vaudrait ignorer les éléments de l'univers que de substituer au monde réel et solide un monde fantastique et idéal.

Mais nous espérons prouver plus loin que les obstacles à la conception atomique de l'univers ne sont pas absolus, et que les points sans dimensions de Boscovich peuvent être remplacés par des éléments étendus ; que les grands corps sont constitués, non par des forces, mais par de petits corps, l'essence des éléments étant la même que celle des réalités observables qu'ils constituent.

IV.

L'INERTIE.

J'ai dit que l'inertie est une notion commune au dynamisme et à l'atomisme, au moins quant au nom. Il faut maintenant que j'explique quel est le sens attaché à ce terme dans chacun des deux systèmes.

Commençons par l'atomisme, ici encore le plus simple et le plus clair des deux.

Les corps sont des obstacles au mouvement des mobiles, et des réceptacles de force vive transmissible.

Les corps ne peuvent ni créer ni détruire le mouvement par eux-mêmes. Ils ne sont moteurs qu'en vertu du mouvement reçu.

Rien de plus simple, rien de plus conséquent que cette notion.

Un corps isolé et en repos est passif. Dans cet état, tant que rien ne le choque, il reste dans son repos ; il n'agit pas sur ce qui l'entoure.

Que si maintenant un autre corps vient le choquer, il réagira en vertu de son impénétrabilité, et modifiera le mouvement de l'autre corps ; il recevra lui-même une partie du mouvement du corps choquant.

Un corps animé d'une vitesse la conserve et, s'il ne rencontre aucun obstacle, se meut en ligne droite. Dans cet état, il est encore sans action sur ce qui l'entoure, mais il contient en puissance certains effets. Il possède, en vertu de son mouvement acquis, une force qui lui permettra de mouvoir d'autres corps, de les briser et de les écraser. Ce corps en mouvement peut être appelé une *force*.

Quand il rencontre un obstacle, il manifeste la puissance cachée en lui sous forme de vitesse ; il communique la force à un autre corps, mais il ne peut communiquer que la force qu'il possède, et qui est mesurée par sa masse multipliée par le carré de sa vitesse.

Il faut donc reconnaître dans les corps deux sortes d'activité :

1° Une activité purement résistante provenant de l'impénétrabilité, laquelle se manifeste au moment où un corps étranger vient rencontrer la surface du corps.

2° Une activité communiquée et transmissible, qui n'est autre que la vitesse elle-même, laquelle ne sort pas de l'essence du corps et provient d'une cause motrice.

Le corps n'a aucune autre activité : il est incapable de spontanéité et de production d'un mouvement nouveau.

On voit par ces considérations combien l'inertie diffère de la pure passivité.

Les dynamistes raisonnent souvent ainsi : les corps se manifestent en agissant sur nos sens ; donc leur essence est la force.

Il est facile de voir l'erreur de ce raisonnement. Le corps inerte et impénétrable, une fois qu'il est lancé, devient une force. La force résulte de la combinaison de la masse impénétrable et inerte et de la vitesse provenant de la cause motrice. Il n'est donc pas nécessaire de supposer une force essentielle à l'atome. La force accidentelle qui résulte du mouvement acquis suffit pour qu'il devienne cause des effets qu'on lui attribue.

Du reste, les théories scientifiques confirment cette idée. Le corps chaud est évidemment une force, il produit des effets très puissants par sa chaleur. Mais qu'est-ce que cette chaleur ? Un mouvement rapide des molécules du corps, mouvement qui se transmet aux organes et produit la sensation de chaleur et les autres effets calorifiques.

Les atomes qui remplissent l'univers sont tous animés de mouvements très rapides. Une force vive immense existe dans la machine cosmique ; c'est dans ce mouvement, dont nous n'avons pas à chercher l'origine en ce moment, que se trouve la source des effets dynamiques des corps.

Telle est donc la notion de l'inertie dans le système atomiste. Le mouvement ne sort pas de la matière, la matière ne fait que le conserver et le transmettre, sans pouvoir l'augmenter ni le détruire. Toute augmentation ou diminution du mouvement total d'un système provient d'une cause extérieure, et, si ce système est unique, ou, s'il est isolé de tout contact avec d'autres systèmes matériels, cette augmentation ou cette diminution ne peut provenir que d'une cause immatérielle.

Voyons maintenant ce qu'est l'inertie au point de vue des dynamistes. Ils sont bien obligés de l'admettre dans un certain sens. L'inertie entre dans toutes les formules de la mécanique.

Mais les dynamistes, au lieu de voir dans l'inertie une

des faces de l'essence des corps, au lieu de voir dans cette absence de spontanéité, dans ces formes inférieures et plus paresseuses de l'activité, un des degrés inférieurs de l'être, ne considèrent l'inertie que comme une propriété purement expérimentale, comme une loi non justifiée des mouvements de la matière.

En quoi consiste, selon le système qui admet l'attraction efficace à distance, la loi physique exprimée par ces mots : Les corps sont inertes ?

En premier lieu, cette loi comprend les deux premières parties de celle que nous avons énoncée plus haut.

Pour les dynamistes comme pour les atomistes, les corps ne peuvent ni se mouvoir ni changer leur mouvement sans une cause extrinsèque, sans l'action d'une force proportionnelle à leur masse.

Pour les uns comme pour les autres, les corps peuvent communiquer leur force vive à d'autres corps, sans pouvoir en communiquer plus qu'ils n'en possèdent.

Ces lois scientifiques sont certaines, et on ne peut refuser aux points matériels la propriété d'exiger de la force pour être mus, de faire obstacle au mouvement des autres points, et de communiquer leur force vive.

Mais, au lieu de borner l'activité des éléments matériels à ces deux formes inférieures, l'activité résistante et l'activité reçue et transmise, l'une se mesurant par le travail négatif des forces d'inertie pendant l'accélération, l'autre par leur travail positif dans le ralentissement du mouvement de chaque point, les dynamistes supposent dans les éléments matériels une troisième espèce d'activité. Cette activité, plus spontanée que les précédentes, s'exerce à distance et au repos.

Chaque point matériel exerce cette action, non sur lui-même, mais sur un autre point. Par une sorte de chassé-croisé, A qui ne peut se mouvoir est cause du mouvement de B, et réciproquement.

Entre A et B naissent deux forces opposées et égales, l'une

s'appliquant à B et provenant de A, l'autre s'appliquant à A et provenant de B. Ces forces dépendent des masses et de la distance A B ; à la différence des forces d'inertie, elles ne dépendent nullement des vitesses des points A et B, ni par conséquent de leur force vive.

L'inertie consiste alors simplement en ce que chaque corps est incapable de changer son propre mouvement ; mais elle n'exclut pas la possibilité de changer le mouvement des autres corps.

En d'autres termes, la matière, considérée en général, est une cause spontanée de mouvement, mais chaque corps, influant sur le mouvement des autres, n'influe pas sur le sien propre. Inerte pour son propre compte et en son propre lieu, chaque corps est spontanément actif à distance et sur autrui.

Or ici se présente une grave difficulté.

Le mouvement sortant du repos, n'est-ce pas le plus sortant du moins ? Deux corps sont en repos ; aucun ne contient de force vive ; aucune cause n'intervient, et voilà que les corps se meuvent. N'y a-t-il pas là un effet sans cause ?

La réponse est très simple, et elle se tire de la même distinction qui nous a servi à répondre à la première objection contre l'action à distance.

Nous avons répondu à l'objection : on ne peut agir où l'on n'est pas, par la distinction entre deux présences des substances monadiques, l'une par essence en leur propre lieu, l'autre par action partout ailleurs. Nous répondrons à l'objection : le repos produit le mouvement, par la distinction entre deux activités des points matériels : une activité en leur lieu provenant de l'inertie et de la force vive acquise, et une activité au loin, provenant d'une force occulte, la puissance attractive.

Par sa première activité, le point matériel ne peut transmettre que le mouvement qu'il possède ; par sa seconde, il crée un mouvement nouveau qui n'existe pas. Il y a dans le point matériel en mouvement deux puissances motrices :

l'une visible, qui consiste dans le mouvement lui-même et qui est présente au lieu même où se trouve ce point matériel ; l'autre occulte, qui agit à distance.

Nous retrouvons donc sous une autre forme, cette dualité de l'être matériel que le monadisme logique est obligé d'admettre, contrairement à son propre principe, qui consiste dans l'idée que le monde est composé d'éléments simples.

Nous ne lui reprochons pas en principe cette dualité. Nous croyons qu'elle est nécessaire, et quand nous exposerons l'atomisme, nous la retrouverons.

Mais encore faut-il que ces éléments distincts, associés ensemble, soient en harmonie et se complètent. Or, bien loin qu'il en soit ainsi pour le monadisme, tout au contraire ces éléments hurlent ensemble et se contredisent ouvertement. La monade est un véritable monstre.

Déjà la présence par action de l'élément matériel en dehors de son lieu propre, cette présence vague et presque universelle, forme un singulier contraste avec sa présence déterminée et limitée en son propre lieu.

Mais la monade n'a pas seulement deux présences, elle a deux essences, elle a deux modes d'activité absolument différents l'un de l'autre. En son lieu, elle a l'activité résistante et transmise, qui modifie la direction du mouvement sans le créer ni le détruire ; au dehors, elle a l'activité qui crée et détruit le mouvement.

Comparons ces deux activités de nature si diverse.

L'activité résultant du mouvement propre de la molécule, son énergie actuelle, est parfaitement déterminée et limitée. Elle consiste dans une force vive transmissible, dont pas une partie, même la plus minime, ne se perd, mais qui ne peut pas produire le plus petit mouvement au delà de sa mesure.

L'activité résultante des forces attractives, l'énergie potentielle d'une molécule, est au contraire indéfinie.

Placez auprès de cette molécule P 10, 15, 20 autres molécules, toutes sont attirées également, toutes prennent

des mouvements indépendants de ceux des autres molécules. Comme d'ailleurs le principe du monadisme est que la monade P, ou sa substance, est la cause efficiente du mouvement de toutes les autres, comme tout le mouvement sort de P, les autres molécules étant inertes et ne pouvant produire leur propre mouvement, il s'ensuit que la monade P est une source indéfinie de force vive, sous la seule condition qu'un nombre indéfiniment croissant de monades soient placées à la distance où s'exerce son action.

Mais ce n'est pas tout. Nous pouvons même dire que dans un système déterminé et limité, il y a une puissance radicale indéfinie de production de force vive, bien qu'en fait cette puissance ne s'exerce pas, et que l'énergie potentielle d'un tel système soit limitée.

Supposons un système déterminé de molécules, placées en repos dans certaines situations respectives ; d'après les lois générales de la mécanique, il existe un maximum de production de force vive par l'action réciproque de ces molécules, et l'énergie actuelle du système, résultat de l'effet des forces moléculaires, ne peut dépasser une certaine limite ; cette limite est ce qu'on nomme l'énergie totale du système qui se divise en deux parties, énergie actuelle ou somme des forces vives existant actuellement à l'état de mouvement, énergie potentielle ou somme des forces vives qui pourraient être produites par les forces moléculaires.

Nous ne nions pas cette limitation effective de l'énergie potentielle.

Mais, si nous en cherchons la raison mathématique, nous trouverons qu'elle consiste uniquement dans le fait que les forces moléculaires sont centrales, c'est-à-dire agissent dans la direction de la ligne qui joint deux molécules.

Or, du moment que l'on admet que les monades, présentes à distance, agissent à distance les unes sur les autres, il ne semble pas qu'il y ait plus de difficulté à ce qu'elles agissent d'une manière excentrique que d'une manière centrale. Il ne faut pas plus de puissance motrice pour un genre d'action

que pour l'autre. Ce n'est pas faute de puissance motrice que les systèmes moléculaires ne produisent pas une force vive indéfinie, c'est uniquement parce que la direction des forces est telle qu'au bout d'un certain temps elles changent de sens et deviennent répulsives après avoir été attractives.

Faisons une autre remarque relative à ces forces attractives à distance, considérées comme émanant de l'essence des points matériels.

Ces forces, telles qu'elles figurent dans les formules de la mécanique, sont multiples; il y a la gravitation, qui agit aux grandes distances, l'attraction de cohésion, la répulsion, qui remplace l'attraction aux très petites distances, l'affinité chimique, etc...

Or, dans l'hypothèse dynamiste, toutes ces forces diverses sont l'effet de l'activité même des points matériels, de leur puissance efficiente attractive ou répulsive.

Dès lors, ou il faut admettre qu'il y a plusieurs forces distinctes contenues dans l'essence de chaque monade, ce qui est très étrange ; ou bien, si l'on veut qu'il n'y ait qu'une seule force, la loi d'action de cette force dépendra de la distance d'une manière très compliquée, par une fonction très complexe.

Or cela est-il vraisemblable pour la loi primordiale qui règle l'activité d'un élément premier de la matière?

N'est-il pas naturel de supposer que les lois primordiales sont simples et uniformes ?

Toutes ces considérations prouvent que la seconde espèce d'activité que l'on suppose dans la substance du point matériel, à côté de l'activité motrice qu'il possède sous forme de force vive, est quelque chose de tout à fait incohérent, en désaccord avec les autres propriétés de l'élément matériel.

D'une part il possède une quantité fixe de mouvement qu'il peut transmettre aux corps qu'il rencontre, d'autre part il serait doué de la propriété de créer des quantités indéfinies de mouvements, en dehors de lui, suivant des lois très compliquées.

Ces deux activités sont tout à fait disparates, et on ne voit pas comment elles pourraient appartenir à un même sujet.

Les dynamistes répondent que l'expérience a parlé, et que les corps s'attirent réellement à distance.

Nous pouvons répliquer avec Newton que le seul résultat de l'expérience, c'est que les corps se meuvent les uns vers les autres, c'est que la présence de chaque corps est la cause déterminante du mouvement de l'autre.

Quant à la cause efficiente de ce mouvement, elle ne peut être connue que par la métaphysique.

Trois hypothèses principales peuvent être faites sur cette cause efficiente.

La première est celle que nous venons de discuter, celle qui attribue aux points matériels, réceptacles de force vive, une seconde activité motrice, une activité occulte.

La seconde est celle qui supposerait comme cause de l'action à distance l'influence d'un milieu possédant de la force vive, et qui ramènerait ainsi la production apparente de mouvement par l'attraction à une transformation et à un transport de mouvement, et résoudrait l'énergie potentielle en une énergie actuelle de certaines molécules plus subtiles que la matière pondérable.

La troisième est celle qui attribuerait les effets d'attraction et de répulsion apparente à distance à l'action d'une cause spéciale, distincte des éléments matériels, d'un moteur distinct des mobiles. Cette cause supérieure pourrait être une force intelligente ou même une force aveugle, si une telle force est concevable, (les dynamistes ne doivent pas trouver cette idée difficile à admettre). Cette cause supérieure pousserait les points matériels les uns vers les autres. Elle ne posséderait que l'activité supérieure, celle qui crée et détruit ce mouvement. Néanmoins elle serait soumise, par l'effet des lois générales du monde, à la condition de détruire tout le mouvement qu'elle a créé, lorsque les points matériels auxquels elle s'applique sont revenus à leur position primitive.

Nous n'avons pas à nous prononcer entre ces hypothèses. Nous pouvons seulement dire que la première, celle qui admet dans la substance de chaque point matériel deux activités hétérogènes superposées, est la plus singulière des trois et qu'il n'y a aucun motif de l'admettre.

Elle consiste à greffer sur un être une propriété qui n'est pas en accord avec sa nature.

La notion philosophique de l'inertie, telle qu'elle est admise dans le système atomiste, est donc une notion simple, claire et cohérente. La notion de l'inertie selon les dynamistes est incohérente et bizarre.

Cette notion dynamiste est d'ailleurs encore condamnée par le bon sens. Qui dit corps dit mobile et non moteur, qui dit corps dit chose qui reçoit le mouvement et le transmet, et non force qui produit le mouvement étant elle-même en repos. Le corps recevant la vitesse, l'emmagasinant et la transmettant, ce sont des idées claires et intelligibles. Le corps en repos créant une vitesse loin de lui, c'est, nonobstant toutes les explications, une hypothèse incohérente, une supposition qui répugne à la nature et aux attributs de l'être matériel.

Nous ferons cependant encore ici une réserve pour les actions à très petites distances, pour celles qui serviraient à adoucir ou à prévenir le choc et à opérer le transport de la force vive d'un élément matériel à un autre. Leur concept est moins difficile à admettre, et elles s'harmonisent mieux avec la nature des points matériels doués de masse. Elles pourraient être considérées comme un complément de l'être matériel, comme un moyen de transmission de la force qui lui serait donnée par la nature. A cause de leur très petite sphère d'action, elles ne conduiraient pas à admettre une force motrice indéfinie dans le corps en repos. Cependant, même dans ces limites, la conception de cette activité supérieure d'un être matériel est sujette à de graves objections, et l'idée la plus simple et la plus naturelle est de réduire l'élément matériel à son rôle essentiel, celui

de mobile, sujet de la masse, obstacle et réceptacle de force vive. Si l'on admet cette définition de l'inertie, le dynamisme s'écroule tout entier.

Nous allons voir, en étudiant la notion de force, que cette ruine pouvait être prévue, et que le système ainsi renversé était peu regrettable.

V.

LA FORCE ET LA MATIÈRE.

Réduire la matière à la force, c'est le fond de tous les systèmes dynamistes. Les considérations qui précèdent ont montré en pratique la vanité de cette tentative. Le dynamisme Boscovichien, sérieusement analysé, nous a conduit à une conception dualiste des substances matérielles, d'où il résulte que ces substances ne sont pas de pures forces, mais qu'elles sont à la fois moteur et mobile, force créatrice de mouvement et résistance, présentes par essence comme mobile doué de masse, et présentes par action comme forces.

Nous voudrions maintenant, par une analyse plus complète de l'idée de force, montrer que ce résultat pouvait être prévu, que la matière ne peut absolument pas, sans s'anéantir, se résoudre dans la force.

Commençons par bien distinguer deux propositions très distinctes que l'on confond souvent.

La matière est une force, et, La matière n'est qu'une force et pas autre chose.

La première proposition est évidemment vraie.

La matière, en tant qu'obstacle au mouvement, est une force résistante.

La matière, une fois mue et animée par une vitesse, est une force active qui produit des effets immenses.

Mais la matière n'est-elle qu'une force, n'est-elle qu'un moteur et non un mobile, n'est-elle qu'une cause et non un sujet de phénomènes ? Voilà ce qui fait la question.

La réponse doit se tirer de la définition du terme de force. Nous devons nous demander d'abord ce que c'est qu'une force pure, ce que serait un être qui n'aurait d'autres propriétés que la force.

Or le terme de force, dans son sens primitif, désigne une qualité ou plutôt une mesure.

On dit d'un être qu'il a une force plus ou moins grande, c'est-à-dire qu'il peut être cause d'effets plus ou moins considérables.

La force, ainsi considérée, est la mesure de l'énergie d'une cause.

Ce n'est évidemment pas en ce sens que l'on entend le mot force, lorsqu'on dit que la matière est une force, ou n'est qu'une force.

On entend le mot force dans le sens, non de la mesure, mais de la chose mesurée, non de la propriété de la cause, mais de la cause elle-même.

Une force, c'est donc un agent, c'est une cause, c'est un être capable de produire des effets.

En ce sens la matière est, d'un commun aveu, une force.

Mais est-elle une force pure ? son essence est-elle d'être une force ?

Voyons ce que signifient ces paroles.

Être purement et simplement un agent, une cause, qu'est-ce que cela veut dire ?

Cela veut-il dire être actif, sans être aucunement passif, produire des effets et n'en subir aucun ?

Mais il n'y a que Dieu dont on puisse dire qu'il est actif sans être passif, et encore si on peut et si l'on doit dire cela de Dieu, on ne le conçoit pas clairement.

Tous les êtres créés, tous les êtres que nous concevons sont actifs et passifs à la fois.

Cela veut-il dire être un agent qui n'est connu que par

ses effets, dont tout est mystérieux et ignoré, sinon qu'il produit en autrui certains phénomènes ?

Mais n'être connu que par ses effets ce n'est pas une propriété positive, c'est une négation, c'est la négation d'un certain rapport avec notre intelligence.

En ce sens, dire que la matière est une force pure, ce ce serait dire qu'elle nous est inconnue dans son essence, qu'elle n'est connue que comme cause de certains effets, par exemple de nos sensations. Ce serait dire, avec M. Stuart Mill, que la matière est la cause inconnue de nos sensations.

C'est un système qui a une certaine force logique, mais ce n'est évidemment pas le dynamisme, ni surtout le dynamisme Boscovichien, lequel suppose l'objectivité de l'étendue et la connaissance des propriétés intimes de la matière.

Nous ne voyons donc pas quel sens précis on peut attacher à ces mots, force pure, ni à cette assertion, la matière est une force pure. L'assertion n'ayant pas de sens, on peut la nier ou l'affirmer à volonté.

Suivons cependant la pensée des dynamistes, cherchons comment ils ont cherché à se figurer la force pure, cet X qui est la base de leur système.

Une force étant un agent qui produit des effets, on a dû essayer et on a essayé en effet, faute d'une définition directe de l'essence de la force, de définir la force par ses effets.

Ces effets peuvent être de deux sortes.

Ils peuvent être internes ou externes. Ils peuvent être immanents à l'agent lui-même, ou bien lui être extérieurs. La force peut être considérée comme cause immanente ou comme cause transiente.

Si l'on considère la force comme cause d'effets qui lui sont inhérents, d'effets intimes, et si en même temps on admet que cette force est un être individuel et non l'être universel de Spinoza, on arrive à la vraie monade de Leibnitz, mère de toutes les monades postérieures.

La monade de Leibnitz, isolée de toutes les autres et sans rapport avec elles, est une force ou cause active qui produit quoi? ses propres perceptions dont l'évolution est continue et s'accomplit fatalement, la liberté étant sacrifiée comme l'étendue dans ce système étrange.

La monade de Leibnitz est une âme au petit pied, une âme inférieure ayant pour type notre propre âme.

Nous n'avons pas l'intention de discuter ici la monadologie, ni l'harmonie préétablie. Sans doute on ne doit parler qu'avec respect des œuvres des hommes de génie comme Leibnitz. Mais on peut préférer étudier l'œuvre d'un plus grand génie encore, à savoir du Créateur. Le monde réel créé par Dieu n'ayant pas l'ombre de ressemblance avec celui qu'a imaginé Leibnitz nous paraît plus digne de nos études. Nous pouvons donc laisser la monadologie dans le musée des inventions bizarres de la pensée humaine, où les gens qui ont du loisir peuvent s'amuser à la visiter. Observons cependant que récemment ce système a servi de ressource à un matérialiste déconfit. M. Jules Soury n'ayant pas réussi a défendre sa thèse de l'hylozoïsme ou la vie sortant de la matière, s'est réfugié dans le système des monades. La matière de Leibnitz, toute composée de petites âmes, lui a été d'un grand secours pour prouver que la matière peut tout produire, même la pensée et l'amour (1).

Au lieu de supposer que les forces qui doivent constituer l'univers sont causes de leurs propres effets, ce qui conduit à la monadologie de Leibnitz, on a supposé qu'elles étaient causes d'effets externes, d'effets qui sont les phénomènes d'autres substances.

Or ces effets ne peuvent être que de deux sortes, des phénomènes psychologiques, des sensations, ou des phénomènes visibles ou tangibles, des mouvements.

La force qui constitue la matière, peut donc être appelée cause de sensations, ou cause de mouvements.

(1) Art. de M. Jules Soury dans la *République française*, juin 1881.

De là deux formes de dynamisme qui méritent d'être étudiées séparement.

Dire que la matière est une cause de sensations c'est énoncer une chose vraie.

Dire que la matière n'est connue qu'à titre de cause de nos sensations, c'est énoncer une opinion qui a une certaine vraisemblance, puisque c'est au travers de nos sensations que nous connaissons la matière.

Néanmoins celui qui admet cette seconde proposition est logiquement conduit non pas au dynamisme, mais au positivisme ou au sensualisme et à la négation complète de la réalité des corps.

Si, en effet, les corps n'étaient connus que comme causes de nos sensations, si c'étaient de simples forces produisant les sensations, quelle serait la conséquence?

C'est que les corps ne seraient pas connus du tout.

Comment en effet pourrions-nous nous élever de l'effet à la cause?

Nous éprouvons des sensations diverses ; ces sensations doivent avoir une cause, cette cause est extérieure à nous.

Jusqu'ici le raisonnement est valable ; mais quelle est cette cause? Est-elle unique, est-elle multiple? Est-ce Dieu, qui par son action produit en nous les sensations, ou y a-t-il des êtres inférieurs qui les produisent?

A ces questions il n'y a aucune réponse.

Le seul moyen de connaître les causes de nos sensations ce serait de les supposer semblables à leurs effets.

Mais cette supposition est fausse.

Les vibrations de l'air ne ressemblent nullement aux sensations du son, les ondulations de l'éther à celles de la couleur. Aucun moyen direct n'existe donc pour remonter par la voie de la causalité, des sensations à leurs causes.

Sur ce point M. Stuart Mill déclarant que les causes de nos sensations sont inconnues en elles-mêmes, a des arguments invincibles contre le dynamisme.

Pourquoi supposer des causes multiples pour des sensations multiples?

Une seule cause ne peut-elle pas produire des effets multiples sur un être aussi compliqué que le moi doué de cinq sens ? Pourquoi des points matériels , pourquoi pas une substance matérielle unique répandue dans l'espace?

Si l'on admet que la matière n'est connue que comme cause de nos sensations, le sensualisme l'emporte sur le dynamisme.

Quelle est maintenant sur ce point la vraie doctrine?

La matière est cause de nos sensations, cela est vrai. Il est vrai également qu'elle est connue au travers de nos sensations.

Mais elle n'est pas connue *comme cause.*

Ce n'est pas par le raisonnement qui remonte de la cause à l'effet que nous nous élevons à l'idée de la matière. C'est par l'interprétation naturelle et inconsciente de nos sensations faite par notre raison.

Nos sensations ne sont pas seulement des effets de causes extérieures à nous; elles sont des signes de cette réalité extérieure, et ces signes adaptés à notre nature, interprétés spontanément par notre raison, nous révèlent ce qui existe en dehors de nous.

Nous ne pouvons développer ici cette démonstration, que nous avons exposée ailleurs (1). Mais nous pouvons dire avec certitude que, si l'on admet cette formule: La matière n'est connue que comme cause de nos sensations, elle n'est pas perçue directement; elle n'est connue que par induction ; on tombe nécessairement dans le sensualisme. La formule de Stuart Mill : Les corps sont la cause inconnue de nos sensations, sort nécessairement de ce principe.

Cette formule est d'ailleurs évidemment la négation de la valeur objective des sciences.

(1) V. *Le Positivisme et la science expérimentale,* par M. l'abbé de Broglie, 1re partie, livre IV.

Si, en effet, les corps sont les causes nécessairement inconnues de nos sensations, les sciences qui prétendent connaître les causes sont par là même convaincues d'erreur.

Il faut donc revenir à la seconde forme du dynamisme, celle qui fait de la force, non une cause de sensations, mais une cause de mouvement. C'est la forme la plus vulgaire.

C'est cette notion vulgaire en mécanique, de la force considérée comme cause de mouvement, qui est l'interprétation habituelle que les dynamistes donnent de la formule: La matière est une force.

Mais ici on se trouve dans un nouvel embarras.

Les forces sont des causes de mouvement. Mais le mouvement qu'est-ce? C'est le déplacement d'un corps.

Maintenant, qu'est-ce qu'un corps suivant la théorie dynamiste? c'est un système de forces.

Substituant cette dernière définition dans la première nous arrivons à la formule suivante :

Les forces sont les causes de mouvement d'un système de forces.

Ou bien encore :

Les forces sont les causes du déplacement d'un système de causes de déplacement, etc., etc... et ainsi de suite à l'infini.

On voit que les forces constituant le moteur entrent dans la définition de la force qui constitue le mobile, et que la définition ne définit rien et tourne dans un cercle vicieux.

La meilleure exposition de cette forme de dynamisme serait celle-ci, la matière et le mouvement s'évanouissant à la fois :

La force est un je ne sais quoi, qui produit je ne sais quel effet dans je ne sais quoi.

Est-il possible de sortir de cette impasse?

Oui cela est possible, et le dynamisme Boscovichien l'a fait, mais cela n'est possible qu'à la condition d'abandonner la formule primitive :

La matière n'est qu'une force pure.

Voici, en effet, quelle modification et quel tempérament Boscovich a apportés au pur dynamisme.

Il a commencé par admettre un espace objectif préexistant aux corps, notion contraire aux doctrines habituelles des dynamistes, selon lesquels l'espace n'est qu'une simple relation.

Puis il a placé dans cet espace des points matériels.

Ces points matériels doués de masse sont devenus les véritables mobiles.

Les forces sont devenues les agents qui déplacent ces points matériels.

Il est vrai que, pour essayer de rentrer dans le dynamisme pur, certains défenseurs du système veulent réduire de nouveau les points matériels à de simples centres de forces, ce qui les ferait retomber dans le cercle vicieux exposé plus haut.

Mais nous avons reconnu la vanité de cette tentative. Nous avons reconnu que la propriété idéale d'être centre de forces n'est que tout à fait accessoire dans le point matériel, que ses vraies propriétés sont sa masse, sa localisation et son mouvement.

Par suite du rétablissement des points matériels, le dynamisme Boscovichien devient plus raisonnable, il se rapproche du bon sens, et se met en accord avec la science.

Mais il n'arrive à ce résultat qu'en abandonnant les principes du dynamisme absolu.

La vraie matière, en effet, dans le système Boscovichien ce n'est plus la force motrice, ce sont les points matériels, mobiles et inertes.

Ces points sont les éléments solides qui constituent les corps.

Or, ces points ne sont pas du tout des forces. Ce sont avant tout des mobiles passifs, sujets du phénomène de mouvement, chassés par les forces d'un lieu à un autre, mais distincts de ces forces elles-mêmes. Ce sont des atomes dont

la dimension a été réduite à zéro, mais dont les propriétés passives, la masse et la mobilité subsistent.

C'est donc, cela est maintenant évident, par une nécessité absolue que le dynamisme Boscovichien est obligé de donner à la matière une double essence et de sortir de la théorie de la force pure.

La force se conçoit très bien comme propriété, comme accessoire d'une réalité. On peut dire qu'un atome possède une force vive, on peut même dire à la rigueur qu'un point matériel possède une certaine force attractive.

Mais dans ces exemples, la force ne vient qu'après l'être; elle en est le complément. Elle est une propriété des points déjà existants. Elle peut aussi être le moteur inconnu qui déplace ces points matériels, mais en aucun cas elle ne saurait être confondue avec ces points eux-mêmes.

A côté de la présence de la matière par action, il doit y avoir une présence par essence. A côté de la connaissance des corps comme causes actives de nos sensations, il doit exister une connaissance directe de la matière par l'interprétation naturelle de ces sensations. Or, c'est justement cette connaissance directe, fournie principalement par le tact, qui nous conduit à l'idée de la forme géométrique des corps et de leur inertie, et qui, poussée plus loin par la science, nous amène à distinguer les points matériels.

Ainsi la matière n'est point une force pure, c'est-à-dire un agent sans passivité. Elle n'est point connue comme force pure, c'est-à-dire connue uniquement par ses effets. Elle est connue directement, elle est passive, elle est présente par essence quelque part, elle y est découverte par notre raison au travers de nos sens, et c'est sur ce fond substantiel ainsi directement connu que se greffent les propriétés causales, et la force proprement dite.

Le toucher découvre la forme et la substance, et la force devient l'attribut du sujet ainsi directement perçu.

Tout cela est nécessaire : car, d'une part, rien n'est plus clair que l'idée de force quand on la joint à celle d'un corps.

Elle est alors, ou un attribut de ce corps, ou une cause extérieure qui agit sur lui.

Rien au contraire de plus obscur que cette même notion, quand on la sépare de celle des corps.

Ce n'est donc pas la force qui est l'essence de la matière, ce sont les points matériels eux-mêmes, points doués de masse.

Ces mêmes points, mobiles par essence, peuvent devenir moteurs quand ils sont lancés. Peut-être aussi peut-on admettre qu'ils sont doués d'une force agissant à distance.

Néanmoins, il faut en convenir, ces points sont une matière bien pauvre et bien subtile. Le bon sens, reconnaissant en eux les propriétés générales du corps, leur reproche de n'avoir pas de dimensions ni d'impénétrabilité. Nous allons en étudier la nature et leur restituer ce qui leur manque en les transformant en atomes.

En attendant, nous pouvons résumer en quelques propositions distinctes les objections que nous avons faites contre le monadisme.

1° Le monadisme attribue aux corps une présence universelle par action, qui est opposée à leur circonscription dans un lieu déterminé.

2° Le monadisme nie l'impénétrabilité et suppose le vide universel.

3° Le monadisme suppose dans les éléments matériels, en dehors de leur force vive, une activité indéfinie créatrice du mouvement, qui est inexplicable et contraire à la nature même des corps.

4° Le monadisme, malgré son apparente simplicité, fait des éléments matériels des couples incohérents d'êtres à double essence.

5° Le monadisme conduit à la conclusion étrange que le fond réel du monde matériel aurait des propriétés diamétralement opposées à celles des corps ordinaires qui tombent sous notre expérience. Les corps sont étendus; les points matériels sont sans dimensions. Les corps sont localisés

dans un lieu déterminé, les substances des monades sont répandues et coexistent dans l'univers entier ; les corps occupent et remplissent l'espace, les monades errent dans un vide universel ; les corps sont inertes et ont besoin d'être mus, les monades sont actives par essence. Le travail de la science, selon le monadiste, aurait donc consisté, non à perfectionner la connaissance vulgaire, mais à la détruire, non à corriger les inexactitudes du bon sens, mais à prendre le contrepied de toutes ses affirmations.

6° Enfin le dynamisme de Boscovich, la forme la meilleure et la plus raisonnable du monadisme, après avoir placé en théorie l'essence de la matière dans la force, la place en réalité en pratique dans des points matériels inertes et doués de masse, dans de véritables diminutifs d'atomes.

Ce sont ces points qui constituent la véritable charpente de l'univers. Ce sont eux seuls qui permettent au dynamisme d'être dans un certain accord avec la science et de se concilier avec l'objectivité de l'étendue. Ces points sont la vraie barrière qui sépare le dynamisme Boscovichien du sensualisme. Aussi importe-t-il de maintenir avec énergie leur réalité. Mais, pour les défendre efficacement, il est nécessaire de leur rendre toutes leurs propriétés, leur étendue même et de les transformer en atomes.

De véritables corpuscules étendus, impénétrables et inertes, peuvent être employés à construire le monde ; ils forment une étoffe assez résistante pour soutenir l'univers, ses lois et ses forces.

En dehors de ces corpuscules, les lois et les forces isolées, les causes occultes, les points matériels eux-mêmes, n'ont aucune réalité véritable.

Ce sont de vaines ombres semblables à celles de Virgile, que les sensualistes ont le droit d'anéantir par leurs railleries, comme Énée chassait les ombres avec son épée.

Ce sont les atomes qui constituent de vrais corps, des corps solides ; les monades ne peuvent constituer que des fantômes.

Or les fantômes peuvent se promener pendant les ténèbres de la nuit ou les brumes incertaines du matin.

Au grand jour de la science, ces météores nuageux ou brillants, monades, entéléchies, forces pures, points géométriques réalisés, doivent s'évanouir pour faire place aux vraies réalités, aux vrais corps, agrégats étendus, impénétrables et inertes d'éléments qui possèdent eux-mêmes ces trois propriétés essentielles.

En quoi consistent ces atomes ?

Comment s'associent-ils pour former l'univers ?

Telles sont les questions qui nous restent à traiter.

Elles sont plus difficiles que les précédentes. Il est moins aisé de bâtir que de détruire. Nous ne désespérons pas d'exposer les principes d'un autre système, aussi exactement conforme aux données scientifiques que celui de Boscovich, mais beaucoup plus conforme à la vraie philosophie.

Abbé de Broglie.

(*La suite prochainement.*)

LE MAGNÉTISME ANIMAL

Le nom de *magnétisme animal* (1) date de Mesmer, médecin allemand qui vivait au milieu du siècle dernier. La chose est beaucoup plus vieille ; sans doute, aussi vieille que le monde. Les sibylles des Grecs et des Romains, les pythonisses du temple de Delphes, les faux prophètes, les sorciers, les alchimistes du moyen âge sont les ancêtres des magnétiseurs et des clairvoyants modernes.

Exploités par le charlatanisme, faussés par la superstition et la crédulité, les phénomènes du magnétisme sont restés longtemps en dehors du champ de la science ; ils ont servi de base à une doctrine à part, doctrine occulte par excellence, c'est-à-dire sans méthode, sans critique, sans observation rigoureuse, absolument isolée du reste des connaissances humaines, œuvre de l'imagination la plus capricieuse, de la fantaisie la plus extravagante. Ce n'est à proprement parler que depuis les recherches de M. Charcot et de ses disciples en France, de MM. Heidenhain, Wein-

(1) On emploie à peu près comme synonymes les termes. Somnambulisme artificiel, Mesmérisme, Braidisme, Électro-Biologisme, Hypnotisme.

hold, Berger et autres en Allemagne, qu'ils ont été soumis à une étude sérieuse, à des expérimentations régulières, et qu'ils sont rentrés dans le domaine de la physiologie et de la pathologie (1). On a reproduit la plupart des phénomènes magnétiques et, si la science ne peut encore rendre raison de tous, elle proclame avec assurance qu'aucun de ces phénomènes ne dépasse la sphère des choses naturelles, qu'ils trouvent leurs analogues dans des états normaux ou pathologiques, qu'il ne s'agit pas d'une force naturelle spéciale, et elle a pour toujours rangé le fluide magnétique à côté de tant et tant d'autres fluides déclassés, dans le musée des curiosités historiques. Tel est l'enseignement qui se dégagera avec une pleine évidence, j'espère, de l'exposé qui va suivre.

I. LES PHÉNOMÈNES MAGNÉTIQUES.

Le phénomène du magnétisme animal le plus connu, celui qui dans une certaine mesure constitue la condition première de tous les autres phénomènes, est *le sommeil magnétique*.

Les procédés qu'on emploie pour le déterminer sont très variés, et il serait fastidieux de les énumérer tous. Hanssen, ce magnétiseur danois qui a parcouru toute l'Allemagne et qui a donné le branle aux recherches si importantes entreprises dans ce pays, remet à ceux qu'il veut endormir un morceau de cristal très brillant à facettes, et leur ordonne de fixer sur cet objet leur regard et leur attention. Bientôt, en moyenne après dix minutes, le résultat est obtenu : la personne est magnétisée ; elle semble plongée dans le sommeil. D'autres fois il a recours à des

(1) Les travaux antérieurs d'Azam, Braid, Carpenter, Lassègue et autres, les enquêtes de l'Académie de Paris ne doivent pas être oubliés : néanmoins ce n'est que depuis ces dernières années que le magnétisme animal est devenu une question vraiment scientifique.

passes, à des frictions légères ou même à des compressions violentes.

Déjà en 1843 Braid, chirurgien à Manchester, avait reconnu qu'en faisant fixer longtemps un objet brillant on pouvait amener un état particulier, dans lequel la conscience est déprimée et qu'il désigne du nom d'*hypnotisme*. Quelques années plus tard le Dr Azam de Bordeaux montra que l'immobilité des coqs que l'on exhibe sur les champs de foire est dûe au strabisme convergent, qu'on impose à ces animaux en attirant leurs regards sur un objet placé très près de leurs yeux.

A la Salpêtrière, où M. Charcot et ses élèves ont fait leurs expériences, voici comment on procède : on assied devant soi la malade, qui est ordinairement une hystérique, et on la regarde dans les yeux. On tient les pouces du sujet dans ses doigts refermés uniquement pour les bien fixer. Après deux ou trois minutes de cet état immobile, on voit les yeux du sujet rougir, s'injecter légèrement ; les larmes viennent baigner ses paupières et roulent sur ses joues ; il faut persister à regarder fixement ; souvent le sujet ferme de lui-même les yeux et tombe en arrière. Si cet effet ne se produit pas spontanément, on laisse aller les mains du sujet et on lui applique les pouces sur les globes oculaires en refermant les paupières supérieures. La simple application des pouces sur les globes oculaires peut quelquefois provoquer l'hypnotisme sans fixation préalable. On peut avantageusement combiner les deux méthodes : on peut fixer les yeux de la malade en lui appuyant les pouces sur les sourcils, les autres doigts enserrant les tempes.

Le sommeil se produit aussi quand on place entre les yeux de la malade un corps quelconque (un crayon, un porte-plume en argent sont excellents) et quand on lui ordonne de regarder fixement (1).

(1) *Iconographie photographique de la Salpêtrière*, tome III. — *Progrès médical*, 1881, nos 14, 15, 16.

M. Heidenhain, professeur de physiologie à Breslau, a réussi à produire l'hypnotisme, soit en faisant fixer un objet brillant, soit en promenant les doigts sur la face, quelquefois même sans qu'il fût besoin d'un contact, soit en effleurant légèrement les cheveux, ou encore en appliquant une main chaude sur le front, ou en approchant du visage une plaque chauffée. Ses expériences ont d'autant plus de valeur qu'elles n'ont point été faites sur des femmes ni des malades ; mais sur des assistants de l'Université, des médecins, des élèves en médecine (1).

En général. l'individu hypnotisé perd plus ou moins complètement la conscience et, à son réveil, il ignore ce qui s'est passé, ou n'en conserve que des souvenirs très fugitifs. Comme dans le sommeil naturel, l'attention est relâchée : les impressions extérieures arrivent encore à l'âme, mais n'y provoquent point des sensations pleinement conscientes. Ainsi un homme absorbé par une méditation rencontre un ami, le salue machinalement sans le reconnaître et ne se souvient que plus tard d'avoir vu un visage connu. Un compagnon endormi cesse de ronfler quand je lui crie : Silence ! Le lendemain, il ne sait pas qu'il a ronflé et qu'il s'est montré si docile à suivre mon injonction. Il est bien évident que celle-ci est arrivée jusqu'à lui, seulement elle a trouvé sa conscience assoupie.

Dans cet état d'hypnotisme, le sujet devient entre les mains du magnétiseur un instrument passif, un véritable automate. Il reproduit tous ses mouvements pourvu qu'il puisse voir le mouvement ou entendre quelque bruit caractéristique accompagnant le mouvement. Devant un de ses sujets d'expérience, M. Heidenhain serre le poing, le sujet serre le sien. Il ouvre la bouche, le sujet fait de même. Se plaçant ensuite derrière l'hypnotisé, il renouvelle les expériences, mais le sujet reste

(1) Heidenhain. *Der sogenannte thierische Magnetismus*, 2e édition, Leipzig 1880.

immobile. Toujours dans la même position, il ouvre et ferme rapidement la bouche en faisant claquer les mâchoires ; le sujet ouvre et ferme également la bouche, mais s'arrête dès que l'expérimentateur n'accompagne plus le mouvement d'aucun son.

Dans les expériences de la Salpêtrière, on a reproduit le phénomène qui est appelé *fascination* et qui forme encore aujourd'hui un des actes à sensation des séances de nos magnétiseurs. « On regarde fixement la malade, ou on lui fait regarder le bout de ses doigts, puis on se recule lentement. Dès lors le sujet vous suit partout, mais sans quitter vos yeux ; il se baisse si vous vous baissez, et tourne vivement pour retrouver votre regard si vous vous retournez vous-même. Si vous vous avancez vivement, le sujet tombe en arrière, tout droit et d'une pièce. Cette expérience doit être faite avec la plus grande précaution ; la malade ne fait rien pour parer les chocs et tomberait directement sur son crâne si un aide ne la retenait. Dans cet état de fascination, le sujet hypnotisé appartient absolument au fascinateur et repousse violemment toute personne qui vient s'interposer, à moins toutefois que cette personne ne vienne elle-même accomplir les manœuvres nécessaires et, comme disent les spécialistes, prendre le regard du sujet au moyen de ses yeux, en recommençant pour son propre compte la fascination (1). »

L'imagination du magnétisé paraît également livrée au gré de l'expérimentateur ; celui-ci éveille telle sensation ou telle idée qu'il lui plaît. Maury a vu chez le Dr Puel un magnétisé auquel on disait qu'il ne pouvait lever le bras, et qui le croyait si bien qu'il devenait réellement incapable de le faire. M. Hanssen persuade également à son sujet qu'il ne peut plus desserrer les dents, ouvrir la bouche. Ce phénomène est connu sous le nom de *suggestion*.

Par diverses manœuvres on arrive à provoquer chez

(1) *Progrès médical*, 1881, nº 16.

l'hypnotisé des hallucinations et à lui faire exécuter une série d'actes en rapport avec ces hallucinations. Le magnétiseur dit à son sujet que ses cheveux brûlent, et il passe en même temps plusieurs fois la main sur la tête : aussitôt le sujet témoigne une vive inquiétude et, si l'on éveille en lui l'idée d'un bassin rempli d'eau, on le voit plonger sa tête dans le siège d'une chaise placée près de lui qu'il prend pour un bassin.

M. Richet rapporte qu'à un de ses amis qu'il pouvait mettre en état d'hypnotisme, il disait : « Voici un lion ». Aussitôt l'hypnotisé s'agitait, sa figure exprimait l'effroi. « Mais il vient, s'écriait-il, il s'approche ; sauvons-nous vite, vite, » et il avait presque une crise nerveuse, sous l'influence de cette terreur (1). A la Salpêtrière on met le sujet en état de catalepsie et, quand on a, par le moyen du regard, réussi à le fasciner, on simule soi-même certains actes : on fait semblant, par exemple, de poursuivre un oiseau. Immédiatement l'hypnotisée est prise d'une hallucination semblable. Elle poursuit l'oiseau et accomplit une série d'actes automatiques se rapportant à l'acte qu'on lui a suggéré.

Certaines positions éveillent aussi des idées corrélatives. M. Carpenter et d'autres, plus récemment M. Berger, ont donné de remarquables exemples de ce fait : mis à genoux, le sujet prend l'attitude et l'expression de la prière.

Les anciens magnétiseurs s'attribuaient le don du *changement de substance :* ils pouvaient faire que pour leur sujet l'eau fût du vin ou toute autre substance. En réalité il y a encore là une hallucination provoquée, et M. Hanssen ne fait qu'imiter ses prédécesseurs quand, plaçant entre les mâchoires de son sujet une pomme de terre, il l'engage à manger cette poire délicieuse : étranger à la réalité, l'hypnotisé s'abandonne à l'illusion qu'on lui suggère et exécute les mouvements de mastication que M. Hanssen a soin d'exécuter lui-même en formulant son ordre.

(1) *Revue des deux mondes,* 15 janvier 1880, p. 367.

Certains hypnotisés répètent tous les mots qui sont prononcés devant eux, quelle que soit la langue à laquelle ces mots appartiennent. Pour obtenir ce phénomène, qui ressemble à celui que Romberg a décrit chez certains malades sous le nom *d'écho*, il est nécessaire de placer la main sur la nuque et d'y exercer une certaine pression. M. Heidenhain a constaté qu'on réussissait plus sûrement en parlant à travers un tube à la région de l'estomac, de la nuque ou du larynx. On aurait désigné autrefois ce fait comme une *transposition des sens :* on s'imaginait que l'ouïe avait délogé et qu'elle était venue s'établir en un autre point du corps. Nous verrons tout à l'heure que l'on peut donner de ce fait une explication plus raisonnable.

L'hypnotisé a perdu la sensibilité à la douleur : on peut le pincer, le brûler, le piquer ; ses traits demeurent immobiles, son visage ne trahit pas la moindre souffrance. Des opérations chirurgicales ont pu être pratiquées sans aucune douleur chez des malades magnétisés et, sans doute, si l'éther et le chloroforme n'avaient point été découverts, l'hypnotisation se serait vulgarisée comme moyen d'anesthésie.

Du côté de l'appareil moteur on constate une *augmentation de la sensibilité réflexe*, de l'*hyperexcitabilité musculaire*, de la *catalepsie*. Que le lecteur ne s'effraie pas de ces termes ; quelques brèves explications lui feront aisément comprendre de quoi il s'agit.

Le dernier acte de ce processus complexe qu'on appelle un mouvement musculaire, l'acte vraiment opérant, si je puis dire, est la contraction du muscle. La contraction peut s'obtenir par des excitations portées directement sur le muscle; que l'on percute fortement un muscle, qu'on l'électrise, et il se contractera. Ces mêmes excitations, portées sur le nerf qui va à un muscle, amèneront aussi la contraction de ce muscle. Mais nous parlons de conditions expérimentales ; en fait, la contraction musculaire se produit

d'ordinaire d'une autre façon. Ou bien elle est volontaire, ou bien elle est réflexe.

Volontaire, quand par exemple on veut saisir un objet : l'ordre parti du cerveau se propage le long du nerf, arrive au muscle ou groupe de muscles qui se contractent. *Réflexe*, quand elle succède à des excitations de nerfs sensitifs. On chatouille la plante du pied, le membre se retire avec plus ou moins de vivacité suivant que la sensibilité réflexe de l'individu est plus ou moins délicate ; la volonté n'a pas à intervenir, et elle n'est pas toujours maîtresse d'empêcher le mouvement.

Y a-t-il irritation de la glotte, une parcelle d'aliment s'est-elle fourvoyée, s'est-elle engagée dans les voies qui lui sont interdites, vous n'avez point à vous en occuper : la toux, mouvement réflexe, est là qui chassera l'intrus et le reconduira à la frontière du tube digestif.

Lorsque des poussières irritent la muqueuse nasale, un fort coup de vent que nous appelons un éternûment et que nous n'avons pas commandé vient balayer le terrain. Dans tous ces cas, le point de départ du mouvement est l'irritation de fibres sensitives. Cette irritation se transmet au centre et, par ce centre, qui est la pièce maîtresse de l'appareil, elle revient sur des fibres motrices et produit le mouvement.

Dans l'hypnotisme, les muscles et les nerfs réagissent beaucoup plus fortement aux irritations portées sur eux. Un choc, une malaxation, la friction, et aussi la simple pression sur le muscle ou sur le nerf correspondant, amène une contracture marquée, que l'on n'obtiendrait à l'état normal que par une électrisation énergique. C'est là *l'hyperexcitabilité neuro-musculaire* (1). On peut, grâce à cette excitabilité des muscles, communiquer l'état de rigidité à tout le corps. Raide comme une planche, le corps pourra

(1) Charcot et Richer. Du phénomène de l'hyperexcitabilité neuro-musculaire. *Progrès médical*, 1881, n° 15.

alors se soutenir sur deux chaises placées à ses extrémités. Dans certains cas, la contracture ou rigidité musculaire provient d'une augmentation de la sensibilité réflexe. En irritant la peau de la cuisse droite, la crampe s'étend à tout le membre, et passe à l'extrémité inférieure du côté opposé ; les extrémités supérieures sont ensuite atteintes, enfin les muscles de la mastication et de la nuque s'entreprennent à leur tour (1).

L'augmentation de la sensibilité réflexe persiste des jours, des semaines après l'hypnotisation, et il y a là, comme on le comprendra, une raison pour user de prudence et de ménagement dans les expériences. Ainsi M. Heidenhain frictionne légèrement à deux reprises le bras droit fléchi d'un de ses sujets qui n'a plus été hypnotisé depuis plusieurs jours. Le bras devient immédiatement raide, parce que tous les muscles sont saisis d'une crampe réflexe.

Dans la catalepsie artificielle qui s'observe aussi chez les hypnotisés, les membres acquièrent une flexibilité cireuse ; on peut leur donner la position la plus bizarre, la plus insoutenable ; ils la garderont indéfiniment. On produit la catalepsie chez les hystériques de plusieurs manières. La plus simple consiste à faire passer directement le sujet du sommeil hypnotique à l'état cataleptique. En s'endormant le sujet avait fermé les yeux et, pendant toute la durée du sommeil, les paupières avaient été animées de battements réguliers. Pour produire la catalepsie, il suffit simplement d'entr'ouvrir les paupières. Le bruit subit et inattendu d'un tam-tam, l'explosion d'un paquet de fulmicoton entraînent une catalepsie instantanée (2).

Mesmer avait fait du magnétisme animal une méthode de traitement, et il prétendait par ses manipulations guérir une foule de malades. Après lui, bien d'autres l'ont employé dans ce but et vanté les succès qu'ils en avaient obte-

(1) Heidenhain, loc. cit., p. 19.
(2) *Progrès médical*, 1881, n° 15.

nus. Je ne veux pas entrer dans la discussion détaillée de cet aspect de la question. Il y aurait à relever bien des erreurs, bien des illusions, bien des supercheries. Il est cependant des faits qui montrent que la magnétisation peut avoir une influence sur certains états morbides. Chez des personnes affectées depuis des années d'hémiplégie, M. Berger est arrivé à faire faire des mouvements avec les membres paralysés. Au réveil, l'impuissance motrice se reconstituait.

La magnétisation pourrait être également employée pour calmer des douleurs, modifier des contractures ; mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'usage de ce moyen commande des ménagements et doit être dirigé par un homme de l'art.

Lorsqu'un individu a été une fois hypnotisé, il acquiert une sensibilité spéciale en vertu de laquelle il cède à l'hypnotisation sous les influences les plus légères. Plusieurs des sujets de M. Heidenhain en étaient arrivés à tomber dans le sommeil magnétique en s'asseyant simplement, fermant les yeux et concentrant toute leur attention sur l'idée de dormir. L'action que peut avoir cette idée est telle que, si l'on dit à un sujet qu'il sera magnétisé à une heure donnée, le sommeil s'établit en effet. Friedlander, étudiant en médecine, fut informé le premier février, dans la matinée, qu'il serait magnétisé à distance, dans sa chambre, à quatre heures. Il avait à regarder l'heure vers ce moment. Un médecin chargé de contrôler cette expérience constata que Friedlander commença à s'endormir vers quatre heures.

MM. Bourneville et Regnard notent également cette influence de l'imagination. « Nous avons fait souvent, disent-ils, l'expérience suivante : on disait à la malade P... : Dans la chambre à côté se trouve M. X..., il te magnétise. Elle montrait alors quelque inquiétude et s'endormait tout d'un coup. Nous nous montrions alors, et l'effet aurait été très grand si nous avions voulu. Un jour on lui dit la même chose et le sommeil survint tout aussi vite ; seulement nous

n'étions pas dans la pièce à côté, nous n'étions même pas en France, et nous ne pensions guère à elle, nous l'avouons. »

Je ne prétends pas être complet dans l'énumération des phénomènes de l'hypnotisme ; je me borne à citer encore :

Accélération du pouls et de la respiration.

Crampe de l'appareil d'accommodation suivie de dilatation de la pupille, et projection du globe oculaire.

Cécité des couleurs, qui peut être bornée à un seul œil (Cohn, Charcot, Heidenhain).

Aphasie.

Dédoublement de la personnalité, qui fait que l'individu, oublieux dans la veille de ce qui s'est passé durant une hypnotisation, s'en souvient dans une hypnotisation ultérieure (Heidenhain, Carpenter).

J'arrive aux phénomènes extraordinaires de clairvoyance et de prescience magnétiques.

C'est ici surtout, comme l'ont montré des épreuves répétées, que l'imposture et la supercherie se sont donné libre carrière.

Une demoiselle Martineau, livrée avec ardeur aux pratiques du mesmérisme, avait une servante qui, dans le sommeil magnétique, possédait la faculté de comprendre et de parler toutes les langues étrangères. Il ne manqua pas de témoins pour attester la chose. Parmi eux on signalait un homme très instruit, incapable d'entraînement ou d'illusion. C'est à lui que s'adressa le docteur Noble ; or, il raconta qu'ayant questionné la servante Martineau dans une langue étrangère, celle-ci avait balbutié quelques syllabes incohérentes, inintelligibles, n'appartenant à aucune langue connue. On m'accordera que, pour parler de cette façon les langues étrangères, il n'est pas nécessaire d'être magnétisé.

En 1837 Burdin, membre de l'Académie de Paris, offrit trois mille francs à quiconque pourrait lui montrer un fait certain de clairvoyance. Trois ans s'écoulèrent, et personne ne s'était présenté. Enfin arrive à Paris la demoi-

selle Émilie, munie d'une recommandation du docteur Houblier, médecin provençal. Elle s'adressa à M. Frappart ; celui-ci fut bientôt édifié sur son compte et résolut de démasquer l'imposture. Il convoqua M. Houblier avec des témoins; on endormit mademoiselle Émilie, et l'on se retira dans un appartement voisin. Par le trou de la serrure, on s'aperçut que la magnétisée, en cela très clairvoyante, était en train de prendre des mesures destinées à préserver sa lucidité de toute défaillance ; on la vit se lever et aller parcourir un livre qu'on avait comme par mégarde oublié sur la table et qui devait servir aux expériences. Après avoir été ainsi jouée, mademoiselle Émilie ne jugea pas prudent d'aborder les épreuves plus solennelles de l'Académie.

M. Pigeaire, de Montpellier, se présenta alors pour obtenir le prix : sa fille, une enfant de 11 ans, pouvait lire parfaitement les yeux couverts d'un bandeau noir ; ses doigts acquéraient dans le sommeil magnétique la faculté de suppléer la vue. On essaya, et l'expérience réussit. Par malheur, M. Pigeaire avait affaire à des gens soupçonneux et défiants. Ceux-ci pensèrent que, grâce à des mouvements des muscles de la face, l'enfant desserrait le bandeau, et arrivait ainsi à lire par dessous. On proposa donc au père de faire tenir le livre, non plus par l'enfant elle-même, mais par une autre personne placée devant elle à la distance que le père fixerait. Dans ces conditions l'épreuve fut refusée, et le concours resta ouvert.

Terte se flatta d'en sortir triomphant. On avait enfermé dans une boîte bien close un papier avec quelques mots d'écriture. Terte demanda à la somnambule si elle pouvait lire : elle répondit « oui, pourvu qu'on me montre la direction des lignes ». Ce que l'on fit. « Combien de temps vous faudra-t-il pour pouvoir lire? » lui demanda-t-on. « Dix minutes, » fut sa réponse. Mais dix, quinze, vingt minutes se passèrent, et la somnambule n'avait encore rien découvert. Enfin elle se décida à dire qu'elle voyait deux lignes et qu'elle distin-

guait les mots : *nous sommes*. On ouvre la boîte ; le papier contenait six vers français. Nulle part ne se trouvaient les mots *nous sommes*. Le hasard l'avait bien mal servie !

Gratiolet raconte les expériences qu'il a voulu faire au sujet de la prétendue vision à travers les corps opaques. Je priai un de mes amis, dit-il, d'écrire sur un morceau de papier une phrase très courte que je ne voulus pas connaître. Le papier fut plié en quatre et placé dans une enveloppe opaque soigneusement collée et cachetée. Dans ces conditions, aucune supercherie n'était possible. Je me rendis à une séance publique chez M. A. magnétiseur de profession. Je fus traité par le somnambule d'incrédule, de tentateur. Je fus un peu étonné, je l'avoue, mais je ne voulus pas m'en tenir là, je renouvelai donc ma tentative, cette fois en séance particulière. Je présente ma lettre au somnambule ; à peine l'a-t-il touchée que je fus de nouveau taxé d'incrédulité. Je rectifiai ses idées sur ce point : je n'avais en l'interrogeant aucun parti pris. Il se rassura un peu. « C'est une lettre de femme ? » me dit-il d'un ton qui tenait le milieu entre celui d'une réponse et celui d'une interrogation. « Non, répondis-je, c'est une lettre d'homme et elle ne contient que quelques mots ». Il vit qu'il s'était fourvoyé et, me sentant impénétrable, prétexta je ne sais quel malaise. Je me retirai complètement découragé cette fois (1).

Le docteur Simpson et le docteur Crampton renfermèrent dans une boîte hermétiquement close et scellée un billet de banque d'une grande valeur, déposèrent la boîte entre les mains d'un notaire et s'engagèrent à donner le billet à celui qui pourrait, à travers la boîte, lire le numéro du billet. Personne ne se présenta ; la cause n'en fut pas, je crois, le désintéressement des magnétiseurs.

Cependant tout n'est pas tromperie et fausseté dans ces faits de lucidité magnétique. Il est incontestable que, dans

(1) Leuret et Gratiolet. *Anatomie comparée du système nerveux*. Paris, 1839-1857. Tome II, p. 626.

le sommeil magnétique, l'individu jouit parfois d'une mémoire extraordinaire, que son imagination gagne beaucoup en puissance et en éclat, que ses idées se succèdent avec une rapidité remarquable. Il peut parler des langues qu'il a oubliées, décrire avec exactitude des lieux qu'il a quittés depuis longtemps ; il prévoit peut-être avec plus de perspicacité les événements à venir, et se fait une idée plus juste de l'état de ses organes. Mais personne n'a jamais établi par des observations sévères qu'il jouit du don de prophétie proprement dite, de l'intelligence de langues jusque-là ignorées, de la connaissance de choses dont antérieurement il n'avait aucune espèce de notion.

Les phénomènes du magnétisme animal que nous venons d'exposer ne se rencontrent pas tous réunis dans tous les cas d'hypnotisme. On peut d'ailleurs limiter l'hypnotisme à une partie ou à une moitié du corps. Quand on exerce des frictions sur un côté de la tête, les symptômes cataleptiques ou paralytiques ne se manifestent que dans les membres du côté opposé. Il est même possible de n'agir que sur une main, par exemple de lui enlever la sensibilité, tandis que le reste du corps la conserve tout entière.

II. THÉORIE DE L'HYPNOTISME.

Pour expliquer ces phénomènes, il y a une *science du magnétisme animal*, science occulte, dont les principes sont en contradiction avec les idées scientifiques modernes; on serait, comme Lelut, tenté de dire en contradiction avec les lois du sens commun. Cette science professe qu'il y a un fluide spécial, agent invisible de tous les phénomènes magnétiques; que, sous son action, l'individu peut acquérir des facultés extraordinaires, la clairvoyance, la double vue, la vue à distance, la prévision, toutes choses que la science non magnétique déclare *naturellement* impossibles. Elle enseigne encore que le magnétiseur agit sur son sujet par

une force particulière, que sa volonté est en état d'influer sans intermédiaire et même à distance, sur la volonté de l'hypnotisé.

Refuser la discussion d'une pareille théorie serait justice, car tout fondement lui fait défaut; elle ne tient aucun compte des notions acquises ; elle est la négation de la science proprement dite.

Des expériences nombreuses ont montré qu'il ne pouvait s'agir d'un fluide, d'une force spéciale, qu'il n'y avait pas d'influence immédiate d'une volonté sur une autre volonté. Un ami du Dr Noble prétendait pouvoir magnétiser sa domestique, même à une longue distance. Le Dr Noble voulut s'assurer de la vérité de cette affirmation. La servante fut envoyée chez lui sous un prétexte quelconque ; Noble la reçut comme si de rien n'était, la fit asseoir contre une porte derrière laquelle son maître était en train de la magnétiser tout à fait à son insu. La distance était aussi petite que possible, et cependant, après une heure d'inutiles tentatives, le magnétiseur avait épuisé sa provision de fluide ou, si l'on aime mieux, il avait perdu patience et renonçait à de plus longs efforts.

Le Dr Elliotson annonça un jour à une de ses habituées qu'il allait la magnétiser à distance. Il passa dans un appartement voisin et là s'occupa de tout autre chose que de magnétiser son sujet ; et néanmoins après peu de temps, celui-ci fut pris du sommeil. Son imagination l'avait magnétisé !

Bertrand a réalisé une expérience non moins décisive. Un jour, devant s'absenter, il laissa une somnambule aux soins d'un de ses amis. Au bout de quelques jours, Bertrand lui envoya une lettre *magnétisée* qu'il ordonna de mettre sur la poitrine de la femme. Sous cette influence, la femme ne tarda pas à ressentir tous les effets du sommeil magnétique. Bertrand envoya une seconde lettre non magnétisée. Les mêmes procédés d'application furent suivis des mêmes effets. Soupçonnant alors que ses doigts, par leur contact

avec le papier, lui avaient communiqué quelque vertu magnétique, il pria un de ses amis, non initié aux secrets du magnétisme et dont les doigts n'avaient aucun pouvoir spécial, d'écrire une lettre en tout semblable aux deux précédentes, et de l'envoyer à son ami comme venant de la même personne. On remit cette troisième lettre sur la poitrine du sujet, et celui-ci, avec une bonne volonté qu'on ne saurait trop admirer, s'endormit de nouveau.

Lewis, un magnétiseur qui eut son heure de célébrité, accepta un jour de diriger d'une chambre voisine la volonté de sa somnambule. Des témoins notèrent, minute par minute, les ordres donnés par le maître ; d'autres en firent autant pour les actions de la somnambule, et les deux procès-verbaux, mis en regard, se trouvèrent complètement discordants.

Le professeur de Breslau imagina l'expérience suivante: Il assied trois étudiants, déjà magnétisés plusieurs fois, sur des chaises dont les dossiers sont appuyés contre une table; sur la table il place une montre, celle d'un spectateur pour être bien sûr qu'elle ne présente rien de magnétique. Il commande aux étudiants de concentrer leur attention sur le tic tac de la montre. Après deux minutes, deux d'entre eux sont plongés dans un profond sommeil, le troisième paraît légèrement endormi.

Le doute n'est pas possible. Dans certaines circonstances, l'hypnotisme se constitue en l'absence de tout magnétiseur, sous l'action d'une influence physique. Il résulte également de ces faits qu'en principe chacun peut être magnétiseur. Si tel réussit mieux que tel autre, ce n'est pas qu'il ait à sa disposition plus de force magnétique, mais parce que par son âge, son extérieur, sa condition, il exerce une plus grande influence, qu'il impose davantage à ses patients, ou qu'il met dans l'exécution des méthodes d'hypnotisation plus de soin et de persévérance.

S'il n'est pas permis d'attribuer à un fluide les phénomènes magnétiques, ne peut-on pas en chercher la cause

dans l'électricité? Nullement. Des recherches précises ont démontré que l'électricité était étrangère à ces phénomènes. Récemment M. Weinhold a repris ces études et est arrivé au même résultat négatif (1). La véritable cause de l'hypnotisme réside dans un état particulier du système nerveux central, c'est-à-dire du cerveau et de la moelle épinière. Tous les procédés qui sont mis en œuvre pour amener l'hypnotisme consistent dans la répétition prolongée d'une même sensation. L'attention fixée sur un seul objet finit par se fatiguer et relâcher; il se constitue en quelque sorte un état de monotonie psychique qui dispose au sommeil. Ainsi les passes magnétiques agissent par les mouvements de l'air qu'elles provoquent et les sensations qui en résultent pour l'individu soumis à l'expérience; les frictions, le tic tac de la montre, la fixation d'un objet doivent également leur influence à l'uniformité des sensations qu'elles déterminent. La prévision du sommeil auquel on va être livré, l'attente d'événements extraordinaires ont aussi leur part dans la production de cet état particulier des fonctions encéphaliques qui caractérise l'hypnotisme. C'est à cet élément psychique qu'il faut attribuer la magnétisation à distance, ou par des objets prétendus magnétisés.

Ceci, me dira-t-on, n'est pas une explication. Je le concède. Mais explique-t-on mieux comment se produit le sommeil naturel? Est-on en état de dire pourquoi l'enfant s'endort sous l'influence des mouvements rythmiques imprimés à son berceau, ou aux sons de quelque mélodie? S'est-on jamais avisé de faire intervenir ici un fluide ou une force spéciale?

Tous les individus ne subissent pas avec la même facilité l'action des pratiques du magnétisme. Il en est qui y sont très sensibles ; en langage magnétique on les appelle *mediums*. D'autres, au contraire, y sont à peu près rebel-

(1) Weinhold. *Hypnotische Versüche*. Chemnitz, 1880.

les. Quelle est la raison de ces différences? Il n'est pas aisé de le dire. Ne voit-on pas dans une foule de circonstances deux individus réagir différemment sous l'action d'une même cause? Telle personne ne saurait se trouver au-dessus d'un précipice sans être prise de vertige, tandis que telle autre n'éprouve absolument rien.

Je ne veux pas essayer de caractériser, au point de vue physiologique, l'état du cerveau dans l'hypnotisme : cela a été fait par MM. Bäumler (1) et Heidenhain. A vouloir les suivre, je serais entraîné dans d'interminables dissertations sur la structure et les fonctions des centres nerveux. Je puis me borner à dire que, chez l'hypnotisé, le pouvoir conscient est paralysé, l'activité libre est suspendue, tandis que les fonctions qu'on pourrait appeler automatiques continuent à s'exercer. Chez l'hypnotisé, plus de sensations vraiment conscientes, plus d'idéation volontaire, attentive, plus de mouvements libres.

L'hypnotisé est assujetti au magnétiseur. Il s'est endormi avec l'intention de lui obéir, avec l'idée qu'il allait être soumis à diverses expériences. Or, cette idée a sans doute une influence notable. Des personnes endormies par le chloroforme crient, gémissent, essaient d'écarter l'instrument du chirurgien. A leur réveil, vous leur demandez si elles ont souffert; elles ne se souviennent de rien, s'étonnent d'avoir poussé des cris, d'avoir fait des mouvements. Comment expliquer cette étrangeté, sinon en admettant que le patient s'est endormi avec l'idée qu'on allait trancher dans ses chairs, avec l'imagination des douleurs qu'il aurait à supporter? Lorsque le couteau de l'opérateur pénètre dans le membre, il se produit une sensation pour ainsi dire inconsciente qui réveille l'idée d'opération, l'idée de douleurs, et qui détermine automatiquement les cris et

(1) Bäumler. *Der sogenannte animalische Magnetismus.* Leipzig, 1881. Voir aussi Wundt. *Grundzüge der physiologischen Psychologie.* Leipzig, 1881, t. II, p 372.

les mouvements. C'est un phénomène du même genre qui permet à beaucoup de personnes de s'éveiller à une heure déterminée. Il est évident que, dans ces circonstances, l'idée de s'éveiller reste dans l'esprit ; celui-ci s'en occupe, mesure le temps et, comme Jouffroy le fait observer, après une nuit passée dans cette attente, ordinairement on a le souvenir au réveil d'avoir été continuellement pendant le sommeil occupé de cette idée (1).

La mère se réveille au plus léger mouvement que fait son enfant, tandis que des bruits plus violents n'interrompent pas son sommeil. Inutile de se perdre en longues considérations sur ce fait d'observation commune. Il suffit d'en signaler l'analogie avec ce phénomène de l'hypnotisme dans lequel le sujet demeure étranger à tout ce qui l'entoure et ne suit que les ordres venus du magnétiseur. Une autre analogie nous est donnée par le fait de ces dormeurs qui répondent aux questions d'une voix connue et restent silencieux pour des personnes étrangères.

Le somnambulisme naturel nous offre aussi le phénomène de la domination exclusive d'un certain ordre de perceptions : citons-en quelques exemples. Un somnambule nommé Castelli allumait une bougie pour écrire ; si l'on en allumait d'autres et qu'on soufflât la sienne, il se croyait dans l'obscurité et allait à tâtons rallumer sa bougie. Un religieux somnambule, qui tenta dans son sommeil d'assassiner l'abbé Dom Duhaget se dirigea parfaitement jusqu'au lit où il le supposait couché, et ne l'aperçut point assis à la table où il travaillait.

L'exclusivisme des perceptions n'est donc pas un fait spécial à l'hypnotisme. Le magnétiseur est, si je puis dire, l'idée dominante au moment où le sujet est tombé dans le sommeil. Tout ce qui se rattachera à cette idée dominante trouvera de l'écho chez l'hypnotisé. L'instinct d'imitation nous rendra compte de la reproduction par le magnétisé

(1) Jouffroy. *Mélanges philosophiques*. Paris, Hachette, 1875, p. 233.

des actes du magnétiseur. L'instinct d'imitation est un fait. Quand nous voyons s'exécuter devant nous un mouvement, il se produit en nous une impulsion naturelle à le reproduire. Cet instinct a d'autant plus d'empire que l'attention, l'activité spontanée sont moins développées : il prédomine chez les enfants. Je connais un médecin qui a toujours à se défendre contre la tentation de tirer la langue quand il la fait tirer à un malade, et, dans des moments de distraction, il s'est déjà surpris la langue hors de la bouche. On comprendra que dans l'hypnotisme, où le pouvoir conscient est paralysé, l'instinct puisse à son aise mener l'individu magnétisé.

Nous avons dit que l'imagination de l'hypnotisé était livrée aux caprices du magnétiseur ; de même l'imagination du simple rêveur est abandonnée aux hasards des circonstances. Les impressions extérieures sont le point de départ, la matière de ses rêves. Un ami de Dugald Stewart crut une nuit assister à une éruption du Vésuve. Une boule d'eau chaude appliquée contre ses pieds avait déterminé le rêve. Il avait donc senti la chaleur, mais son âme n'avait point rapporté la sensation à sa cause véritable. Le philosophe Reid, coiffé d'un bonnet étroit, rêve qu'il est scalpé par les sauvages. Dernièrement, j'ai vu une malade qui se plaignait de douleurs d'une partie très limitée de la tête. Elle me raconta qu'une nuit, en rêve, elle avait revu une personne oubliée de longue date qui lui avait lancé un gros fardeau à la tête. Quand elle se réveilla, la partie qui avait reçu le choc était douloureuse. Il n'est pas douteux que le mal de tête, existant depuis quelque temps et provoquant une sensation obtuse, avait fourni la matière de ce rêve étrange.

Maury, Prévost de Genève, d'Hervey ont fait des expériences de rêves provoqués qui rappellent beaucoup les hallucinations provoquées de l'hypnotisme. En voici deux exemples empruntés à Maury. « On me pince légèrement à la nuque. Je rêve qu'on me pose un vésicatoire, ce qui

réveille en moi le souvenir d'un médecin qui me traita dans mon enfance. — On approche de ma figure un fer chaud, en le tenant assez éloigné pour que la sensation de chaleur soit légère. Je rêve des chauffeurs qui s'introduisaient dans les maisons et forçaient ceux qui s'y trouvaient, en leur approchant les pieds près d'un brasier, à déclarer où était leur argent. L'idée de ces chauffeurs amène bientôt celle de la duchesse d'Abrantès, que je suppose en rêve m'avoir pris pour son secrétaire. J'avais jadis lu, en effet, dans les *Mémoires* de cette femme d'esprit, quelques détails sur les chauffeurs (1). »

Lemoine rapporte le fait d'un officier de marine qui parlait ses rêves et était souvent le jouet de ses compagnons de bord. Ceux-ci s'amusaient à intervenir dans ses rêves, en lui parlant sous des noms et des personnages vrais ou empruntés. Ils le conduisaient ainsi à leur fantaisie et lui faisaient rêver ce qu'ils voulaient. Ainsi ils lui firent rêver un jour qu'il se jetait à la nage pour sauver un homme tombé à la mer ; il se réveilla en se précipitant sur le plancher de sa cabine croyant plonger dans les flots. Une autre fois, ils le firent passer par toutes les phases d'un duel, depuis le commencement de la dispute jusqu'au moment de tirer le pistolet qu'ils lui avaient pour cet effet mis à la main et dont le coup le réveilla (2).

Dans la veille nous connaissons aussi des hallucinations provoquées ou des phénomènes s'en rapprochant. Dites à une personne craintive, au milieu du silence et des ténèbres de la nuit : « Voilà un spectre. » Surexcitez son imagination, décrivez le fantôme, sa dimension, son costume, son attitude, et il n'est pas invraisemblable qu'elle finisse par se croire en présence d'un spectre. On trouve à certains aliments un goût particulier, souvent imaginaire, quand l'attention a été appelée sur ce goût.

(1) Maury. Op. citat., p.155.
(2) Lemoine. *Du sommeil au point de vue physiologique et psychologique.* Paris, 1855, p. 382.

Pour résister à la suggestion, l'homme éveillé a son jugement, sa conscience, le spectacle de la réalité ; privé de ces moyens de contrôle, absorbé par le monde imaginaire, l'hypnotisé n'est plus en état de se rendre compte des sensations qu'il éprouve, des idées qui surgissent en lui.

Lorsqu'une hallucination a été provoquée, rien n'est plus simple que de s'expliquer les actes qui la suivent. L'observation quotidienne nous montre la connexion intime entre certaines sensations ou certaines idées et certains mouvements. Qu'on se rappelle l'exemple de ce promeneur absorbé qui salue machinalement un ami sans le reconnaître. A qui n'arrive-t-il pas chaque jour d'accomplir ainsi sous l'impulsion de sensations à peine conscientes ou de volitions à peine délibérées les actes les plus complexes?

L'insensibilité à la douleur est un des faits qui causent le plus d'étonnement. On est émerveillé de voir traverser avec une grosse épingle le bras de l'hypnotisé, sans que celui-ci fasse le moindre mouvement, témoigne la plus légère souffrance et, pour le coup, on est tenté de crier au prodige, au miracle. Le médecin qui a chaque jour l'occasion d'observer de ces insensibilités passagères ne saurait partager cette profane stupéfaction. Il sait que le chloroforme et, en général, les anesthésiques, amènent un état dans lequel le patient peut percevoir encore le contact, où il peut sentir le couteau pénétrer dans ses chairs, mais sans en éprouver aucune douleur. Il connaît beaucoup de maladies où cette insensibilité se rencontre. Les aliénés la présentent assez fréquemment, et je me souviens d'avoir vu, à la clinique des maladies mentales de Berlin, une pauvre folle subir sans sourciller les irritations les plus violentes : on lui traversait l'aile du nez avec une épingle, on faisait agir sur elle le pinceau électrique, dont l'application chez une personne normale déterminerait une atroce souffrance ; la malade était indifférente à toutes ces manœuvres et demeurait plongée dans sa mélancolique contemplation.

En ce qui concerne l'augmentation des mouvements réflexes, je ne veux pas non plus entrer dans l'étude approfondie de la question : je m'en tiendrai à quelques rapprochements. L'expérience montre que le sommeil naturel, lui aussi, tend à exagérer la réflexibilité : c'est ainsi que l'on explique, par exemple, pourquoi les accès de faux croup chez les enfants se manifestent d'ordinaire la nuit. Quand on chatouille légèrement le visage d'une personne endormie, on voit celle-ci exécuter sans se réveiller des mouvements pour écarter la main.

Dans l'hypnotisme comme dans le simple sommeil, l'augmentation de la sensibilité réflexe est due à l'absence du pouvoir conscient ; peut-être, à côté de la cessation d'action suspensive, y a-t-il un état d'irritation directe.

La catalepsie existe en dehors de l'hypnotisme et forme une maladie spéciale : les membres deviennent rigides en même temps qu'ils acquièrent une flexibilité cireuse ; on peut les mettre dans telle position qu'on voudra, ils la garderont pour ainsi dire indéfiniment. J'ai vu à la clinique de Berlin une aliénée s'endormir d'une sorte de sommeil magnétique, parce que, pour explorer sa sensibilité, on lui avait couvert les yeux d'un linge. Or, dans cet état, les membres conservaient indéfiniment la position qu'on leur donnait ; le bras restait élevé et immobile comme celui d'une statue. Dès qu'on lui disait : laissez retomber votre bras, le bras s'abaissait sans que la malade se réveillât.

Un physiologiste allemand, Goltz, a constaté que chaque fois qu'on exerçait une légère irritation sur la peau du dos d'une grenouille à laquelle on avait enlevé le cerveau, l'animal poussait un croassement. Cette expérience nous fournit une analogie pour le fait si curieux de la répétition des mots, chez l'hypnotisé, quand on parle à la région de l'estomac, de la nuque ou du larynx. Dans l'un et l'autre cas, il s'agit d'une action réflexe rendue possible par l'absence ou la paralysie des centres supérieurs qui, à l'état normal, modèrent les phénomènes réflexes. La physiologie

nous explique pourquoi c'est l'irritation de parties déterminées du corps qui occasionne le phénomène de la répétition des mots : un même nerf se retrouve dans ces diverses régions et sert, sans doute, de voie à l'acte réflexe dont il s'agit.

L'augmentation de la sensibilité réflexe nous rendra compte également des mouvements observés par M. Berger sur des membres paralysés. On sait, du reste, qu'en dehors de l'hypnotisme il apparaît, à la suite d'excitations tactiles, des mouvements involontaires dans les membres atteints des hémiplégiques.

Il me reste à dire quelques mots de ces faits, merveilleux en apparence, où la mémoire acquiert une puissance inaccoutumée, où l'imagination devient plus vive et plus brillante. Faudra-t-il me déclarer impuissant à les rattacher aux faits de l'ordre naturel, et proclamer qu'ici du moins le magnétisme animal touche au prodigieux. Je ne le pense pas. Le somnambulisme naturel, le simple sommeil fournissent matière à de nombreux et frappants rapprochements. L'antiquité croyait aux rêves prophétiques et les auteurs en citent une foule d'exemples. Cette croyance a sa raison d'être. Le sommeil communique souvent aux facultés un essor remarquable et, s'il ne fait pas des prophètes, il peut du moins rendre les prévisions et les pressentiments naturels plus justes et plus fondés. Bien des fois aussi, le travail inconscient du sommeil a accompli des œuvres que, dans la veille, des efforts attentifs n'avaient pu réaliser. Tartini entend dans un songe la fameuse sonate du diable, qu'il avait cherchée en vain pendant la veille, et le lendemain il la reconstitue d'après les souvenirs de son rêve. Laplace, l'illustre mathématicien, nous apprend que, souvent, il se posait le soir des problèmes et que le matin, en se réveillant, il les trouvait résolus. Condillac achève pendant son sommeil une méditation philosophique, Voltaire une ode, Coleridge un fragment de poème.

Dans le sommeil, on observe des rappels de mémoire

vraiment extraordinaires. « J'ai passé, raconte Maury, mes premières années à Meaux, et je me rendais souvent dans un village voisin nommé Trilport. Une nuit, en rêve, je me trouve transporté aux jours de mon enfance et jouant dans ce village de Trilport ; j'aperçois vêtu d'un uniforme un homme auquel j'adresse la parole en lui demandant son nom. Il m'apprend qu'il s'appelle C., qu'il est le garde du port, puis disparaît pour faire place à d'autres personnages. Je me réveille en sursaut avec le nom de C. dans la tête. Etait-ce là une pure imagination, ou y avait-il eu à Trilport un garde du port du nom de C. ? Je l'ignorais, n'ayant aucun souvenir d'un pareil nom. J'interroge quelque temps après une vieille domestique qui me conduisait souvent à Trilport. Je lui demande si elle se rappelle un individu du nom de C., et elle me répond aussitôt que c'était un garde du port de la Marne, quand mon père construisait son pont. Très certainement je l'avais su comme elle, mais le souvenir s'en était effacé. Le rêve, en l'évoquant, m'avait comme révélé ce que j'ignorais (1). »

Les exemples d'une exaltation des facultés intellectuelles dans le somnambulisme simple ne manquent pas. L'abbé Barthélemy, qui a été longtemps professeur dans un collège de province, a eu l'occasion d'observer fréquemment un élève très peu intelligent et sujet à des accès de somnambulisme. Ces accès le saisissaient indifféremment pendant la veille et pendant le sommeil. Quand c'était au moment d'une composition, il continuait le travail commencé, mais cette fois, avec une telle supériorité qu'il était alors le premier de sa classe.

Le professeur Wachner de Goettingue raconte que, incapable de faire des vers grecs dans l'état ordinaire, et ayant vainement, durant plusieurs jours, tenté d'écrire une pièce de poésie en grec, il y réussit parfaitement dans un état de somnambulisme. Il ne serait pas difficile de multiplier ces exemples.

(1) Maury, op. cit., p. 92.

Je ne sais si je m'abuse ; mais il me paraît que j'ai atteint le but que je m'étais proposé. Il est vrai que ce but était bien modeste. Il s'agissait simplement de montrer que les phénomènes magnétiques ne sont point isolés, qu'on trouve des analogues dans les faits de la vie normale et de la vie pathologique, que rien ne permet de recourir à l'hypothèse d'une force mystérieuse, d'un fluide spécial. J'aurais pu aller plus loin dans l'interprétation des phénomènes ; mais il m'a paru déplacé d'entrer dans des considérations d'un ordre trop exclusivement scientifique et, du reste, si cette étude nous avait rapprochés de la solution, elle ne nous l'aurait pas donnée claire, pleine, à l'abri de toute objection. Bien des obscurités planent encore sur ce sujet, et plus d'un fait se soustrait à toute explication sérieuse.

Serait-ce une raison pour proclamer le caractère merveilleux du magnétisme animal ? Mais à ce compte il n'est pas une branche des connaissances humaines pour laquelle il ne faudrait en faire autant. Que d'autres qui n'ont pas comme nous les lumières de la foi, les données de la révélation, cherchent par de mystiques explications à satisfaire l'instinct du surnaturel, qu'ils se plaisent à imaginer je ne sais quel agent occulte et mystérieux ; le chrétien, le catholique saura se préserver de pareilles aberrations. Il aura pour toutes ces choses dites merveilleuses un scepticisme raisonné. Si, après les avoir soigneusement vérifiées, il se trouve incapable d'en rendre compte, il préférera avouer son ignorance plutôt que de s'abandonner à des divagations et à des théories fantaisistes.

Pascal traduisant une parole de saint Augustin a dit : « Incrédules, les plus crédules de tous ». Nous qui avons la foi nous serons les plus incrédules de tous : c'est l'attitude que commandent la sagesse et la véritable prudence scientifique.

Dr Xavier Francotte.

L'INVENTION

DE LA

MACHINE A VAPEUR

(SUITE ET FIN) (1).

Nous avons, dans un précédent article, esquissé l'histoire de Worcester et de sa Machine commandant l'eau.

Sincèrement et profondément religieux, étroitement attaché à sa famille et à son pays, loyal, bienveillant et modeste dans ses rapports sociaux : tel fut cet illustre inventeur. Sa qualité de « papiste » et l'injustice du roi à son égard furent les principales causes de son insuccès ; il mourut en voyant méconnue l'œuvre à laquelle il avait consacré sa fortune et son existence.

Et cependant la Machine commandant l'eau n'était point un rêve, ni un simple instrument de physique amusante ; on ne pouvait même pas dire que ses résultats pratiques fussent douteux ou incomplets. L'essai en avait été fait

(1) Voir la livraison précédente, pp. 186 et suiv.

d'abord à Raglan. Elle avait ensuite été l'objet d'un acte du parlement, un modèle avait dû en être déposé à l'Échiquier ; on avait distribué à Londres une brochure y ayant trait, et la *Century* renfermait plusieurs articles s'y rapportant. Enfin l'engin fonctionna publiquement à Vauxhall depuis 1663 jusqu'en 1670, ou même plus tard ; des témoins autorisés et authentiques, tels que les historiens du roi de France, et du grand-duc de Toscane, la mentionnèrent dans leurs écrits comme une machine vraiment nouvelle, et d'un emploi beaucoup plus avantageux que l'appareil hydraulique mû par deux chevaux, installé à la maison de Somerset pour le service d'une partie de la ville de Londres ; et, de l'aveu même de ses détractateurs, elle marchait avec une régularité et une continuité étonnantes.

Malheureusement il n'a été conservé aucun modèle, et l'on ne possède aucun dessin, aucune description précise et détaillée de cette machine. On ne sait ce que devint l'appareil de Vauxhall ; et, quant à celui qui avait été primitivement établi à Raglan, il fut détruit, comme nous l'avons dit, lors de la guerre civile. Toutefois il existe encore dans une muraille du château de Raglan des cavités et des rainures qui, selon toute probabilité, ont servi à l'installation de ce premier type de machine à élever l'eau au moyen du feu ; et ces vestiges sont intéressants à étudier, au point de vue des dispositions générales et des dimensions de l'appareil.

A quelques pieds au-dessus du sol, se trouve une porte qui était jadis en communication avec un pont-levis. Sur le cintre de cette porte, il y a une chambre mesurant environ sept pieds de largeur, sur cinq de profondeur, et plus de six pieds de hauteur en son milieu. Cette chambre présente à la partie antérieure une division en deux pièces ; et, au-dessus de chacune de ces pièces, dans la paroi, on remarque deux rainures verticales d'un pied environ de largeur et d'autant de profondeur. A côté, on voit une autre rainure se bifurquant vers le bas et surmontant une seconde

chambre pratiquée dans la maçonnerie, mais de dimensions moindres que la précédente. Du sommet des rainures jusqu'au niveau du sol, il y a quarante-six pieds.

Worcester ayant perdu ses premières notes et s'étant vu dans l'impossibilité de publier, comme il l'avait projeté, un exposé complet de ses inventions, n'a laissé à la postérité, pour tous documents techniques relatifs à sa machine, que divers articles de sa *Century*, et la description insérée dans l'acte du parlement ; documents rédigés, comme nous le savons, dans un style vague et mystérieux. En voici la traduction littérale.

Article 68 *de la Century*. — « Une machine hydraulique à feu (*a fire waterwork*), ou un moyen admirable et très puissant d'élever l'eau à l'aide du feu, non en l'aspirant ou en la suçant, car ce serait se maintenir fatalement *intra sphæram activitatis*, comme disent les philosophes, cette action aspiratrice ne pouvant s'exercer que jusqu'à une certaine distance, tandis que mon procédé n'a point de limites, pourvu toutefois que les vases soient suffisamment résistants.

» J'ai pris en effet une pièce de canon entière dont la bouche était brisée, et je l'ai remplie d'eau jusqu'aux trois quarts, fermant ensuite et vissant l'extrémité rompue. J'ai bouché de la même façon la lumière. J'ai alors entretenu en dessous un feu constant, et, au bout de vingt-quatre heures, le canon éclata en faisant un grand bruit. Ayant trouvé moyen de disposer mes vases de telle sorte qu'ils étaient consolidés par la force intérieure (1), et se remplissaient l'un après l'autre, j'ai vu couler l'eau, comme d'une

(1) « So that they are strenghtened by the force within them. » On a parfois, mais à tort, traduit cette phrase par : « Ayant trouvé le moyen de fortifier mes vases intérieurement. » D'après Dircks, le mot *force* signifiait à cette époque une sorte de plongeur ou de piston : John Bate, entre autres écrivains, l'aurait employé fréquemment dans ce sens. Selon toute apparence, Worcester aurait donc adapté à ses chaudières une espèce de soupape de sûreté.

fontaine non interrompue, à une hauteur de quarante pieds. Un vase d'eau vaporisée par l'action du feu élevait quarante vases d'eau froide. L'ouvrier chargé de l'appareil n'a qu'à tourner deux robinets, de sorte que, l'un des vases étant vide, l'autre commence à fonctionner pendant que le premier se remplit de nouveau d'eau froide ; et ainsi successivement ; le feu étant entretenu et maintenu constant, besogne que la même personne peut parfaitement exécuter pendant les intervalles qui séparent la manœuvre des robinets. »

Article 98 *de la Century.* — « Une machine construite de telle sorte que, le *primum mobile* agissant en avant, en arrière, par-dessus, par-dessous, circulairement, en cône, çà et là, avec force, par en haut ou par en bas, l'effort se transmet dans le même sens; aucun des mouvements ci-dessus indiqués ne se contrariant et encore moins ne se détruisant l'un l'autre, mais tous concourant avec ensemble et harmonie à l'augmentation et à la continuation de l'effort transmis à l'organe récepteur ; et voilà pourquoi je l'appelle une machine semi-toute-puissante (*a semi omnipotent engine*) ; et mon intention est qu'un modèle en soit inhumé avec moi. »

Article 100 *et dernier de la Century.* — « Avec l'aide puissante de ces deux dernières inventions, et après maintes années d'expériences et de travaux, j'ai construit une machine hydraulique tellement avantageuse, que la force d'un enfant élève à cent pieds de haut une quantité d'eau incroyable, même un jet de deux pieds de diamètre ; et si simplement que le bruit de la machine ne s'entendrait même pas dans une chambre voisine ; avec une facilité et une régularité telles que, lors même qu'elle fonctionnerait jour et nuit, d'un bout de l'année à l'autre, toute la machine ne demanderait pas quarante shillings de réparations ni un jour de chômage ; et je puis hardiment l'appeler la machine la plus étonnante du monde entier (*the most stupendous work in the whole world*).

» Elle pourra servir, non seulement à épuiser à peu de frais toute sorte de travaux de mines, à pourvoir d'eau les cités pour la propreté et l'agrément des rues et pour les besoins des habitants ; mais aussi à alimenter les rivières.., à irriguer les campagnes...., ainsi qu'à maints autres usages.....

» De sorte que c'est à bon droit que je considère cette invention comme couronnant mes labeurs, m'indemnisant de mes dépenses, et me mettant sur la voie d'autres inventions.... »

Définition de la Machine commandant l'eau. — « La très admirable et très étonnante invention réalisée par la dispensation providentielle de la grâce et de la bonté infinies du Dieu tout-puissant, et perfectionnée par les dépenses, les talents, le savoir et le génie mathématique du très honorable Edward Somerset, marquis de Worcester ; justement nommée et exactement définie par Sa Seigneurie : Une machine étonnante, ou une machine commandant l'eau (*a stupendous or water-commanding engine*), sans limite de hauteur ni de quantité, n'exigeant aucune aide extérieure ou additionnelle, ni aucune force pour être mise ou maintenue en activité, si ce n'est celle qui lui est apportée intrinsèquement par suite de son propre fonctionnement, soit moins de la vingtième partie de celle-ci.

» Cette machine consiste dans les parties suivantes :

1. Un contrepoids (*counterpoise*) parfait pour la quantité d'eau, quelle qu'elle soit ;

2. Un compensateur (*countervail*) parfait pour la hauteur d'élévation quelle qu'elle soit ;

3. Un *primum mobile* commandant à la fois la hauteur et la quantité, à la façon d'un régulateur ;

4. Un *vice-gerente*, ou compensateur, remplissant l'office et faisant le travail de l'homme, du vent, de l'animal ou de la roue.

5. Un timon ou poupe, avec mors et rênes (*helm or stern, with bit and reins*), au moyen duquel un enfant peut

guider, ordonner et contrôler tout le fonctionnement ;

6. Un magasin spécial (*particular magazine*) pour l'eau, en rapport avec la hauteur et avec la quantité à élever ;

7. Un aqueduc (*aqueduct*) proportionné à la quantité et à la hauteur voulues ;

8. Une place (*place*) pour que la fontaine d'origine ou la rivière puissent couler, de façon à s'incorporer ensuite naturellement et de son propre mouvement à l'eau qui s'élève ; cette place étant tout au bas de l'aqueduc, mais moins grande et moins haute. »

Essayons, avec Dircks, d'interpréter ces documents.

Et d'abord est-on autorisé à les rapprocher ainsi les uns des autres comme se rapportant au même objet, alors que, dans les écrits de Worcester, ils se trouvent totalement isolés, et que le premier seulement mentionne l'emploi de la vapeur ?

L'auteur peut avoir scindé de la sorte ses descriptions pour la même raison qu'il les a faites si obscures et si incomplètes.

On reconnaît, du reste, assez facilement les rapports qui existent entre la Machine commandant l'eau et l'invention décrite en partie dans l'article 100 de la *Century*. On remarque ensuite que ce dernier article débute par une phrase indiquant l'utilisation de certains organes ou principes auxquels il est fait allusion dans l'article 98 et dans le suivant. Enfin la Machine commandant l'eau, la machine la plus étonnante du monde entier, la semi-toute-puissante, doit bien être en même temps la machine à feu de l'article 68 ; car la vapeur était le seul agent capable de produire les effets attribués à la susdite machine, comme aussi à d'autres appareils décrits dans la *Century*.

On doit donc admettre que l'article 68 a trait au mode de production de la vapeur. Celle-ci était obtenue dans une chaudière placée sur un foyer et reliée, au moyen de tuyaux munis de robinets, avec deux récipients portant des conduits d'aspiration et de décharge. L'article 98 est

relatif au mode d'action de la force élastique de la vapeur : ce fluide, avec une souplesse extrême, communiquait le mouvement à l'eau et aux organes intermédiaires (*primum mobile*) ou accessoires que comportait l'appareil, tels que pistons, plongeurs, leviers, etc. La définition est une description générale des diverses parties de l'engin : l'eau, puisée dans un réservoir inférieur (*place*), s'élevait d'abord par aspiration, sous l'action de la pression atmosphérique (*counterpoise*), jusque dans les récipients où le vide s'était produit par la condensation (*a particular magazine*) ; puis la pression de la vapeur (*countervail*), agissant directement ou par l'intermédiaire d'un piston (*vice-gerente*), refoulait l'eau dans le tuyau de décharge (*aqueduct*) jusqu'à une hauteur déterminée ; tout le mouvement de l'appareil étant commandé par des leviers actionnant des valves en rapport avec des chaînes enroulées sur des poulies (*helm or stern with bit and reins*). Enfin l'article 100 est relatif aux conditions de fonctionnement, aux résultats et aux applications de la machine ; la force à déployer pour la conduire était insignifiante, même lorsque la quantité d'eau à élever était considérable ; l'appareil marchait sans bruit, sans nécessiter presque jamais de réparations ni occasionner de chômages.

Nous savons d'ailleurs que le modèle qui fonctionna à Vauxhall élevait, par un tuyau de huit pouces de diamètre, quatre grands seaux d'eau par minute à une hauteur de quarante pieds.

Si l'on juge de la machine de Raglan par les cavités décrites ci-devant, elle devait se composer de trois récipients, portant chacun leurs colonnes d'aspiration et de refoulement. Deux de ces récipients étaient en communication avec une même chaudière ; le troisième avait sa chaudière spéciale. Les tuyaux de refoulement pouvaient avoir un pied de diamètre extérieur ; les récipients, trois pieds environ de diamètre ou de largeur. L'eau était refoulée à une hauteur de vingt-cinq pieds dans un réservoir placé au

sommet de la tour. Les tuyaux de refoulement pouvaient, grâce à l'emploi du robinet à quatre voies, se réunir en un seul, à une certaine distance des récipients.

L'interprétation de Dircks est aussi celle de la plupart des autres écrivains anglais et américains.

Thurston, dans l'ouvrage qu'il a publié récemment sur l'histoire de la machine à vapeur (1), dit que la machine de Worcester fut pratiquement et utilement employée à élever l'eau à Vauxhall ; et il se déclare porté à admettre, au sujet de la composition de cette machine, les idées que nous venons de développer d'après Dircks. Il indique comme hors de doute que ceux qui, comme Savery, se sont occupés après Worcester de machines à élever l'eau, se sont inspirés des travaux de leur prédécesseur. Il estime aussi que l'ardeur et la persistance avec lesquelles Worcester s'efforça de faire accepter sa machine caractérisent un inventeur consciencieux et véritable.

Bourne, Farey, Galloway, Millington, Robison, Young, Lardner, Nicholson, etc., admettent également que l'appareil de Worcester fut le premier qui constituât une véritable machine à vapeur dans le sens pratique de l'expression ; seulement, pour les uns, elle était basée uniquement sur l'effet de la condensation et de la pression atmosphérique ; pour les autres, elle n'agissait qu'en vertu de la force expansive de la vapeur ; celui-ci lui suppose telle forme ; celui-là telle autre.

Mais, à côté de ces jugements affirmatifs, il y en a d'autres qui sont moins favorables à la machine en question : tels sont ceux de Smiles, Muirhead, Stuart, Hume, Walpole et Macaulay.

Smiles (2) reconnaît à la vérité que Worcester devait posséder des connaissances mécaniques très étendues, eu égard à l'époque où il vivait ; et même qu'il était doué

(1) *History of the growth of the steam engine*, New-York, 1879.

(2) *Lives of the engineers ; — The steam engine, — Boulton and Watt*, London, 1878.

d'un génie inventif extraordinaire. Mais il ne paraît guère attacher d'importance à la Machine à feu commandant l'eau ; et, sans examiner l'influence que l'invention de Worcester a pu avoir sur le développement de la machine à vapeur, il indique tout bonnement Savery comme étant l'auteur de la première machine qui ait fonctionné utilement.

Muirhead (1) ne se harsade pas à émettre une opinion favorable au sujet de Worcester et de ses inventions. Il se borne à dire « qu'il a toujours existé à ce sujet une grande diversité d'opinions. »

Stuart (2) émet dans ses ouvrages des opinions contradictoires. Tantôt il suppose que Worcester est l'auteur d'une machine à vapeur à piston ; tantôt il ne voit dans la machine de Worcester que le jeu de deux appareils de Salomon de Caus, groupés de façon à produire un écoulement continu.

Macaulay ne parle que d'une manière vague et inexacte de la vie et des travaux de Worcester.

Walpole et Hume affectent même de ne voir dans la *Century* qu'un tas de chimères et d'extravagances.

Il est peu d'écrivains français qui aient traité de l'histoire de la machine à vapeur. Nous nous bornerons à mentionner ici les opinions de M. Hirsch et d'Arago.

M. J. Hirsch a publié tout récemment une traduction de l'ouvrage de Thurston (3) ; et il consacre une bonne partie de son introduction à la machine de Worcester. Il est d'avis que les données sur lesquelles s'appuient Dircks et Thurston pour reconstituer la Machine à feu commandant l'eau sont absolument insuffisantes. Pour lui, Worcester n'a construit que des fontaines à eau chaude (68e invention

(1) *Life of James Watt*, New-York, 1859.
Mechanical Inventions of James Watt, London, 1854.
(2) *A descriptive history of the steam Engine*, London, 1824.
Anecdotes of the steam engine, London, 1829.
(3) *Histoire de la machine à vapeur*, par R. H. Thurston, revue, annotée et augmentée d'une introduction, par J. Hirsch, Paris, 1880.

de la *Century*), et de simples appareils hydrauliques ne se basant nullement sur l'emploi de la vapeur (Machine commandant l'eau). A l'appui de cette assertion, il rapporte que, « en 1669, il (Worcester) reçut Cosme de Médicis, et lui fit voir à Vauxhall une machine *hydraulique*, etc. » Or nous savons que Worcester était mort depuis deux ans lors de la visite de Cosme de Médicis à Vauxhall. Nous savons aussi que cette machine n'était autre que la Machine commandant l'eau. M. Hirsch n'use-t-il pas d'une sévérité excessive lorsqu'il insinue, à propos de cet appareil, que Worcester ne s'était peut-être pas même rendu compte de la nature du moteur capable de produire les effets qu'il décrit, et qu'il a pris ses espérances pour des réalités?

Quant à Arago (1), il ne semble pas avoir eu connaissance des essais pratiqués par Worcester à Vauxhall sur sa Machine commandant l'eau. Il fait bien allusion à une patente prise en 1663 par Worcester, pour une machine à vapeur; mais, loin d'en tirer aucune déduction en sa faveur, il prend acte de ce que le privilège fut accordé sans qu'un modèle de la machine eût été préalablement exhibé, pour avancer que cette machine ne fut jamais construite : il ne remarqua sans doute pas que le brevet stipulait qu'un modèle de la machine devrait être, dans un bref délai, déposé à l'Échiquier. D'autre part, il ne s'arrête pas à examiner la définition de la Machine commandant l'eau, ni les articles 98 et 100 de la *Century ;* et il affirme que l'article 68 est tout ce que Worcester a jamais écrit sur sa machine à feu. Or il ne voit dans cet article que la description assez obscure d'un appareil pouvant servir à élever l'eau à l'aide de la force élastique de la vapeur, appareil qu'il estime avoir dû être analogue à celui de Salomon de Caus. Ce dernier appareil, selon lui, n'a probablement pas non plus

(1) Notice historique sur les machines à vapeur : *Annuaire du Bureau des longitudes*, 1829, 1830, 1837 ; et *Œuvres complètes*.

été construit ; mais, comme idée, il aurait sur celui de Worcester le mérite de la priorité.

L'opinion d'Arago a donc, croyons-nous, été faussée par le manque d'informations. Cela est d'autant plus fâcheux que son avis ne pouvait manquer d'influencer fortement la manière de voir des écrivains français qui, après lui, se sont occupés de l'invention de la machine à vapeur.

De toutes ces interprétations, la plus acceptable nous paraît être celle de Dircks et de Thurston.

Du reste, en parlant de la machine de Savery, nous serons amenés à développer encore d'autres considérations tendant à établir d'une manière de plus en plus probable que l'appareil de Worcester était une machine à vapeur élevant l'eau à la fois par aspiration dans un récipient et par refoulement dans une colonne de décharge.

Denis Papin naquit à Blois en 1647. Il y fit son éducation chez les jésuites, qui lui apprirent les mathématiques. Il étudia ensuite la médecine à Paris, et fut reçu docteur en 1669.

Dès son jeune âge, il s'était senti un goût tout particulier pour l'étude de la physique ; et c'est à cette science qu'il consacrait tous ses loisirs de médecin.

L'Académie des sciences avait été fondée en 1666. Un des premiers savants appelés à en faire partie fut le hollandais Huygens, le célèbre inventeur de l'horloge et de la machine à poudre à canon. Huygens, étant donc venu résider à Paris, y rencontra Papin, se lia d'amitié avec lui, et le fit nommer, dès 1671, préparateur à l'Académie. Papin renonça alors à la médecine pour devenir l'aide assidu de son illustre protecteur, et il se fixa à Paris.

En 1674, il fit imprimer et présenta à l'Académie un petit livre intitulé : *Nouvelles expériences du vide, avec la description des machines qui servent à le faire.* Il y indiquait plusieurs modifications assez heureuses aux instruments d'Otto de Guéricke.

Papin fut bientôt connu avantageusement dans le monde savant ; et il ne tarda pas à entrer en relations avec Leibnitz. Mais il ne trouva pas à Paris un libre champ pour ses études et ses travaux de prédilection ; il lui sembla qu'il se ménagerait à Londres une situation plus propice. Huygens et Leibnitz lui donnèrent des lettres de recommandation ; et, en 1675, il alla se présenter à la Société royale. Le fondateur de cette société, Robert Boyle, s'intéressa à lui et le prit pour préparateur. C'est au laboratoire de Boyle que Papin imagina la double pompe pneumatique et le fusil à vent.

En 1680, il fut nommé membre titulaire de la Société royale, et investi des fonctions de « Curateur aux expériences. »

L'année suivante, il inventa son fameux digesteur, ou marmite autoclave avec soupape de sûreté, appareil qu'il décrivit d'abord dans une brochure intitulée *The new digester*, puis, dans une édition française, *La manière d'amollir les os et de faire cuire toute sorte de viandes, etc.* La partie de cet appareil la plus intéressante à notre point de vue était la soupape de sûreté. Cet organe semble avoir été employé alors pour la première fois pour régler la pression de la vapeur dans une chaudière.

Non content encore de la position qui lui était faite à Londres, ou désireux de se mettre en contact avec les savants de tous les pays, Papin passa en Italie en 1681. Il resta deux ou trois ans à Venise, et il reçut le titre de membre de l'Académie italienne des sciences.

En 1684, il rentra à Londres et reprit ses fonctions de curateur aux expériences. Il étudia alors un projet de machine pour la production du mouvement perpétuel, imagina des engins de guerre pneumatiques, dans le genre des catapultes et des balistes, et publia une étude intitulée *Continuation du Digesteur*.

En 1687, il fit, en présence de la Société royale, l'essai d'une « Machine propre à transmettre fort loin la force

motrice des rivières et à tirer l'eau des mines, au moyen du vide produit dans une tuyauterie (1). » Une roue hydraulique installée sur une rivière faisait mouvoir les pistons d'une machine pneumatique ou pompe aspirante ordinaire. La chambre de cette pompe était réunie, par un tuyau métallique continu, à la partie inférieure d'un cylindre dans lequel se mouvait un piston. Le vide se produisait ainsi sur la face inférieure de ce piston ; et la pression atmosphérique, agissant sur l'autre face, le faisait redescendre en soulevant un poids considérable.

C'était donc là une nouvelle application des machines à piston, et, en même temps, l'inauguration de la méthode pneumatique de transmission des forces.

Mais les essais que tenta Papin pour utiliser son système ne furent pas entièrement satisfaisants, et cet insuccès le découragea profondément.

Sur ces entrefaites, survint la révocation de l'édit de Nantes (1686), et plusieurs membres de la famille de Papin, laquelle était calviniste, émigrèrent en Allemagne. En 1687, il épousa une de ses cousines germaines, qui habitait Marburg (Hesse), et quitta l'Angleterre pour se fixer dans cette ville (2).

Le landgrave Charles eut bientôt connaissance des talents et du savoir de son nouveau sujet ; et, en 1688, il lui conféra la chaire de mathématiques à l'Université de Marburg. Confiant en la protection du landgrave, Papin reprit alors ses travaux avec une nouvelle ardeur.

Revenant sur l'idée d'une machine dans laquelle la pression atmosphérique agirait efficacement sur l'une des deux faces d'un piston à la faveur du vide produit sur l'autre face, et renonçant à effectuer ce vide au moyen d'une pompe pneumatique, il chercha d'abord à perfection-

(1) La description de cette machine fut insérée en 1688 dans les *Acta Eruditorum*, de Leipzig.

(2) Nous avons emprunté ce détail à l'ouvrage du baron Ernouf, *Denis Papin, sa vie, son œuvre.* — Paris, 1874.

ner les dispositions imaginées peu de temps auparavant par Jean Hautefeuille (1678) et Huygens (1680) pour utiliser à cet effet la poudre à canon. Il publia bientôt un mémoire sur ces recherches (1). En voici le résumé :

« Soit un tube cylindrique et vertical, fermé par-dessous et ouvert par-dessus, et dans l'intérieur duquel se meut un piston. A ce piston est attachée une corde passant sur deux poulies et supportant un poids. Si l'on peut chasser l'air situé dans le tube au-dessous du piston, la pression atmosphérique, agissant sur la face supérieure de celui-ci, le fera descendre ; et, par suite, le poids sera élevé. Pour opérer le vide, on introduit par une ouverture ménagée à la partie inférieure du cylindre un petit vase renfermant de la poudre, à laquelle on met le feu. L'explosion chasse l'air à travers une soupape disposée dans le piston ; et cette soupape, en se refermant, empêche ensuite la rentrée de l'air. Il ne reste donc sous le piston que les produits de la combustion de la poudre, lesquels, en se refroidissant, n'occupent bientôt plus qu'un petit espace. »

Malheureusement le vide obtenu ainsi était fort imparfait. Quelques précautions que l'on prit, il restait toujours au moins un cinquième de l'air confiné à la partie inférieure du cylindre. On ne pouvait donc guère obtenir que la moitié de l'effet désiré ; et, au fur et à mesure de la descente du piston, la résistance opposée par l'air qui se comprimait allait toujours augmentant.

Papin se rendit parfaitement compte de ce défaut capital ; et il s'efforça dès lors d'arriver au résultat par une autre voie.

En 1690, il annonçait qu'il avait découvert un « Nouveau moyen de se procurer à bas prix des forces motrices très puissantes (2). »

(1) *De novo pulveris pyrii usu.* — Acta Eruditorum, 1688.

(2) *Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas.* — Acta Eruditorum, 1690.

« Comme l'eau, disait-il, même en très petite quantité, possède, après sa conversion en vapeur, une force élastique semblable à celle de l'air, tandis que par le retour du froid elle se résout de nouveau en eau liquide et ne conserve plus rien de cette force élastique, j'ai cru qu'il serait facile de construire des machines dans lesquelles l'eau produirait le vide parfait par l'action d'une chaleur modérée et à peu de frais, ce que nous n'avons pu obtenir au moyen de la poudre.

» Entre toutes les dispositions propres à remplir cet objet, la suivante m'a paru la meilleure. »

Suivait la description de sa machine.

A un tube cylindrique fermé par le bas, est ajusté un piston muni d'une tige. Sur le couvercle du cylindre est un loquet en fer, mobile autour d'un axe vertical ; un ressort presse ce loquet de telle manière qu'il s'introduise nécessairement dans une encoche que porte la tige du piston, aussitôt que celui-ci atteint une hauteur telle que cette encoche dépasse le couvercle. A travers le piston, il y a une ouverture par où l'air peut être évacué du cylindre au début, lorsqu'on fait descendre le piston.

Pour faire fonctionner l'appareil, on verse dans le cylindre de l'eau jusqu'à la hauteur de 3 à 4 lignes, puis on fait entrer le piston jusqu'à ce que l'eau commence à s'échapper par l'ouverture ; on bouche alors celle-ci avec une baguette ; on met le couvercle ; et, au moyen d'un feu modéré, on échauffe rapidement le tube cylindrique fait d'un métal mince. L'eau convertie en vapeur exerce une pression assez forte pour vaincre la pression atmosphérique et soulever le piston jusqu'à ce que l'encoche de la tige s'élève au-dessus du couvercle du cylindre, et que le loquet, poussé par le ressort, s'introduise brusquement et avec bruit dans cette encoche. On retire le feu ; la vapeur se réduit rapidement en eau par refroidissement et laisse le cylindre vide d'air. Si l'on écarte alors le loquet de façon à ce qu'il sorte de l'encoche et permette la descente de

la tige, le piston est aussitôt abaissé par la pression atmosphérique, et le mouvement que l'on a en vue est produit avec d'autant plus d'intensité que plus vaste est la capacité du cylindre.

« On ne peut douter, ajoutait Papin, que tout le poids de l'atmosphère n'agisse sur des tubes ainsi préparés. J'ai en effet vérifié par l'expérience que le piston, ainsi soulevé jusqu'en haut du cylindre, a été ramené par la pression atmosphérique jusque tout au fond, et cela plusieurs fois de suite, sans que l'on pût soupçonner qu'il existât de l'air au-dessous. Or mon tuyau, qui n'a que deux pouces et demi de diamètre, est pourtant capable d'élever soixante livres à toute la hauteur dont le piston descend ; et le corps du tuyau ne pèse pas cinq onces. Je ne doute pas que l'on ne puisse construire des cylindres dont le poids n'excède pas quarante livres, et qui soient capables d'élever à chaque opération deux mille livres à la hauteur de quatre pieds. J'ai aussi vérifié qu'il suffit d'une minute pour que le piston soit soulevé au haut du tube ; et, comme le feu doit être établi proportionnel à la grandeur du cylindre, il ne faudrait pas plus de temps pour en chauffer un grand qu'un petit. On voit par là quelles forces puissantes on peut obtenir par ce simple artifice, et à combien peu de frais. Car on sait que le poids de la colonne d'air qui pèse sur un cylindre dont le diamètre est d'un pied égale environ deux mille livres ; si le diamètre était de deux pieds, ce serait huit mille livres ; et ainsi de suite, la pression augmentant en raison double des diamètres ; d'où il suit qu'un feu dans un fourneau dont le diamètre dépasserait tant soit peu deux pieds suffirait à élever à chaque minute un poids de 8000 livres à quatre pieds de hauteur, si les cylindres avaient cette longueur ; car le fourneau, fait en tôle mince, serait facile à transporter d'un tube à l'autre, et le même feu suffirait à faire le vide alternativement dans un tube et dans l'autre. Ce procédé est sans aucun doute préférable à celui qui est basé sur l'emploi de la poudre.

» Il serait trop long d'énumérer ici les usages que l'on peut faire de cette machine pour élever les eaux, extraire les minerais, lancer les projectiles, faire marcher les navires en dépit des vents contraires . . . . . Mais je noterai en passant combien cette méthode serait préférable à celle des rames ordinaires pour la propulsion des navires. . . . . Comme il serait incommode de faire mouvoir les rames ordinaires par nos cylindres, il conviendrait d'employer des rames en forme de roues, comme je me souviens d'en avoir vu à la barque du prince palatin Rupert, construite à Londres . . . . Il n'y a aucun doute que de telles rames, fixées à un axe, ne puissent être mises en rotation par nos cylindres, pourvu que les tiges des pistons soient garnies de dents qui engrènent avec des dents semblables garnissant les axes des roues. Mais il faudrait que sur chaque axe agissent trois ou quatre cylindres, pour obtenir un mouvement continu : lorsqu'un piston se trouverait au fond du cylindre, ne pouvant plus agir sur l'axe jusqu'à ce que l'action de la vapeur ne l'ait relevé, on retirerait l'obstacle qui empêche la descente d'un autre piston, lequel agirait à son tour, et ainsi de suite... »

Dans la suite, Papin perfectionna encore les dispositions de sa machine. Il réussit notamment à faire fonctionner le piston quatre fois par minute au lieu d'une fois, ainsi qu'à réaliser une économie de combustible, en faisant usage, pour la vaporisation de l'eau, d'un fourneau où la flamme se renversait sous l'action d'un courant d'air forcé, et traversait ainsi de haut en bas toute la masse du combustible. Il appelait ce fourneau un « appareil épargnant les aliments du feu (1). »

En 1695, il rassembla tous les principaux mémoires qu'il avait publiés antérieurement dans les *Acta Eruditorum* de Leipzig et dans les *Philosophical Transactions* de Londres. Une édition latine de ce recueil fut impri-

(1) *De nova methodo ad parcendum alimentis ignis.*

mée à Marburg (1), et une édition française à Cassel (2).

On y trouve, outre les études relatives à la machine à piston, divers travaux sur des sujets fort variés, tels que la pompe aspirante et foulante dite de Hesse, le jaugeage des eaux courantes, l'estimation des forces motrices, les moyens de conserver la flamme sous l'eau, d'améliorer la construction des cloches à plongeur et des bateaux de guerre sous-marins, etc.

Papin publia aussi vers cette époque un traité des opérations sans douleur, une étude relative à un nouveau pressoir atmosphérique, un mémoire sur la gravitation universelle, et un autre sur les engins balistiques.

En 1695, il quitta Marburg avec sa famille pour se rendre à Cassel, à la cour du landgrave. Sur le désir de celui-ci, il s'occupa de la fabrication de la glace, puis de la préparation des conserves alimentaires, ainsi que des coussins et des matelas d'air. Il fut ensuite chargé de construire deux machines hydrauliques, l'une pour élever l'eau de la Fulda dans le palais du landgrave, l'autre pour épuiser les salines d'Allendorf.

Papin était à cette époque en relations suivies avec Leibnitz ; mais on ne trouve dans sa correspondance avec ce savant que des indications fort vagues au sujet de ces machines à élever l'eau, qui, disait-il, ne lui appartenaient pas. On a dit toutefois qu'elles étaient basées non plus seulement sur la production du vide par la condensation de la vapeur, mais aussi sur l'utilisation directe de la force expansive de ce fluide à une température assez élevée. Au reste ces machines n'obtinrent pas grand succès ; et celle qui était destinée à l'élévation des eaux de la Fulda fut emportée par le courant du fleuve.

Ayant sur ces entrefaites (vers 1705) reçu communica-

(1) *Fasciculus dissertationum de novis quibusdam machinis atque aliis argumentis philosophicis*, Marburgi, 1695.

(2) *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines et autres sujets philosophiques*, Cassel, 1695.

tion du croquis d'une machine à élever l'eau construite par Savery, Papin essaya de réaliser un type d'appareil analogue, tout en y introduisant certains perfectionnements assez ingénieux. Mais cette nouvelle machine, dont il publia une description (1), n'eut pas non plus la chance d'être acceptée comme engin pouvant servir à l'élévation des eaux.

Papin fut moins heureux encore dans un essai qu'il fit pour la substitution de la vapeur à la poudre dans les instruments de guerre : au moment où il pratiquait son expérience, il se produisit une explosion qui tua plusieurs personnes.

Découragé par tous ces échecs, et voyant l'opinion publique tournée contre lui, il résolut de fuir en Angleterre. Il construisit à cet effet un bateau à vapeur ; et, en 1707, après en avoir fait sur la Fulda un essai qui fut couronné d'un plein succès, il dit adieu au landgrave Charles et s'embarqua avec sa femme et ses deux enfants. On connaît la mésaventure qui contraria son projet : les bateliers du Weser, qui avaient le monopole de la navigation sur ce fleuve, virent d'un œil jaloux la nouvelle embarcation, s'en emparèrent pendant la nuit et la mirent en pièces.

Papin se rendit seul en Angleterre. Il parvint à se faire réintégrer dans son ancienne charge de curateur aux expériences à la Société royale, mais cette fois sans appointements fixes, et ne recevant que de rares et minimes indemnités.

Il mourut à Londres en 1710 ou 1712, sans avoir jamais tiré profit d'aucune de ses inventions.

Papin fut certainement un des savants les plus distingués et des inventeurs les plus habiles de son siècle. S'il ne réussit pas à faire reconnaître ses machines comme véritablement pratiques, cela tint surtout au manque de

(1) *Ars nova ad aquam levi pretio efficacissime elevandam*, Cassel, 1707.

fortune personnelle, à l'ignorance et à la tiédeur de ses contemporains, et au peu de ressources qu'offrait à cette époque l'art des forges. « La principale difficulté, disait-il lui-même, c'est de construire ces grands cylindres. »

C'est à tort que l'on a souvent représenté Papin comme une victime de la révocation de l'édit de Nantes (1). Nous avons vu qu'il quitta volontairement la France onze ans auparavant ; et il ne paraît pas avoir jamais eu le désir d'y rentrer. Au reste il reçut de ses compatriotes des marques non équivoques de tolérance et d'estime : dès 1689, il fut, sur la proposition de l'abbé Gallois, nommé membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris, et, en 1699, il faillit être nommé associé étranger.

En ce qui concerne la part prise par Papin à l'invention de la machine à vapeur, établissons d'abord quelques faits incontestables.

Papin n'a pas inventé la machine à cylindre et à piston, connue déjà depuis longtemps et décrite par Besson et par Fludd; il n'a pas non plus imaginé de faire le vide sous l'une des faces du piston pour permettre à la pression atmosphérique d'agir sur l'autre face : cette idée est due à Hautefeuille et à Huygens. Mais il a certainement le mérite d'avoir le premier employé la vapeur d'eau pour la production de ce vide, d'avoir construit un premier modèle de machine atmosphérique à vapeur, et enfin d'avoir imaginé une disposition permettant d'utiliser la machine à vapeur, non seulement pour l'épuisement des mines, mais encore pour la communication d'un mouvement rotatoire à un arbre ou à une roue et notamment pour la propulsion des navires.

Quant à l'action directe de la force expansive de la

(1) Arago dit que « forcé de s'expatrier par la révocation de l'édit de Nantes, Papin se réfugia en Allemagne auprès du landgrave de Hesse. » D'après Smiles, Papin s'enfuit de France en 1681 pour échapper aux persécutions dont les protestants étaient alors l'objet dans ce pays, et il se réfugia à Londres.

vapeur, il ressort de la description laissée par l'inventeur lui-même que, au moins dans le principe, il n'avait guère songé à l'utiliser que d'une manière accessoire et fort incomplète, pour faire remonter le piston à la partie supérieure du cylindre. On a prétendu que, dans la suite, il construisit des machines où la vapeur agissait à la fois en produisant le vide et en exerçant directement sa force expansive. Leupold (1) dit même qu'il proposa une machine à haute pression, à deux cylindres et sans condensation. Mais ces assertions ne paraissent pas être basées sur des documents bien certains.

Il existait donc à la fin du dix-septième siècle deux types élémentaires de machines à vapeur.

L'un était exclusivement approprié à l'élévation des eaux. La vapeur y agissait tour à tour indirectement, par condensation, production du vide et aspiration, et directement par pression sur la nappe liquide. C'était une modification et une combinaison des appareils de Porta et de De Caus ; la Machine commandant l'eau de Worcester (1663) en avait été, selon toute probabilité, la première conception susceptible d'une application industrielle.

L'autre type avait aussi principalement pour objet l'élévation des eaux ; mais il pouvait également être appliqué directement à soulever un poids ou à imprimer à un arbre un mouvement rotatoire. Au point de vue de la forme générale des organes, il procédait de Besson, Hautefeuille et Huygens ; mais en tant que machine à vapeur, il relevait de Papin (1690). La vapeur y agissait subsidiairement par sa force expansive ; mais son effet principal, tout à fait indirect, était de produire le vide de façon à donner libre champ à la pression atmosphérique.

Nous allons voir comment ces deux types de machines

(1) *Theatrum machinarum*, 1720.

se perfectionnèrent respectivement et comment aussi ils se combinèrent, les dispositions générales du second prévalant sur celles du premier, mais celui-ci fournissant à l'autre diverses améliorations importantes, tant dans le principe de son fonctionnement que dans les détails de sa construction.

Revenons d'abord aux machines à élever l'eau inventées en Angleterre.

En même temps que Worcester, profitant du retour de Charles II, s'efforçait d'utiliser sa Machine commandant l'eau, Samuel Moreland, maître mécanicien du roi, étudiait aussi l'importante question de l'épuisement des mines. Dès 1661, il sollicitait un brevet de 14 ans « pour une machine à élever l'eau hors des puits ou des travaux de mines à une hauteur raisonnable, plus rapidement et mieux qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, et par la force combinée de la poudre et de l'air ; cette machine pouvant encore servir à drainer les marais où à alimenter d'eau les habitations. » Cette idée d'une machine à poudre à canon, dans laquelle le gaz résultant de l'explosion pouvait agir sur l'eau directement par pression ou indirectement par la production du vide, idée également émise en 1678 par Jean Hautefeuille, ne semble pas avoir jamais été l'objet d'expériences sérieuses. Moreland paraît du reste l'avoir dans la suite totalement abandonnée, et s'être attaché plutôt à modifier et à perfectionner la machine de Worcester ; malheureusement on manque de renseignements précis au sujet de ses essais pratiques. Moreland était en tout cas un physicien distingué. C'est lui qui le premier parvint à estimer d'une façon assez exacte le rapport qui existe entre le volume de la vapeur et celui de l'eau liquide dont elle provient. Il inventa le porte-voix, des machines à calculer et un cabestan ; et il introduisit divers perfectionnements aux pompes.

En 1698, un officier anglais, qui s'était déjà fait connaître dans le monde des ingénieurs par l'obtention d'un

brevet pour un système de propulsion des navires au moyen de roues à palettes mues par un cabestan, se fit octroyer par le roi Guillaume III une nouvelle patente ainsi conçue :

« Concession à Thomas Savery, gentilhomme, du monopole d'une nouvelle invention par lui réalisée, pour élever l'eau et mettre en mouvement toute sorte de manufactures par la force impulsive du feu, invention qui sera de grand usage pour épuiser les mines, fournir de l'eau aux villes et faire marcher toute espèce de moulins quand ils n'ont pas l'avantage d'une chute d'eau ni de vents constants ; valable pour 14 ans, avec les clauses d'usage. »

Le brevet n'en disait pas davantage au sujet des dispositions de l'appareil.

Au mois de juin de l'année suivante, Savery fut admis à présenter à la Société royale un modèle de sa « Machine à feu. » D'après le procès-verbal de cette séance, « l'expérience réussit selon l'attente ; » et un rapport succinct,comprenant une gravure avec une légende sommaire, fut inséré dans les *Philosophical Transactions* (1). D'après cette courte description, l'appareil comprenait un fourneau surmonté d'une chaudière ; deux robinets permettaient à la vapeur formée dans la chaudière de pénétrer à la partie supérieure de deux récipients, lesquels aspiraient l'eau à un niveau inférieur et la refoulaient ensuite à un niveau supérieur ; enfin les tuyaux d'aspiration et de refoulement étaient munis de soupapes, et de robinets destinés à fonctionner dans le cas où les soupapes auraient eu besoin d'être nettoyées.

En 1702, Savery publia à Londres une brochure intitulée *The Miners'Friend, or an Engine to raise water by fire*, etc. Il y indiquait quelques modifications à son type primitif de machine ; ainsi, il proposait l'emploi d'une chaudière complémentaire faisant l'office de ce que l'on appelle aujourd'hui une bouteille alimentaire, c'est-à-dire

(1) N° 252, 21e vol., ann. 1700.

communiquant par le bas avec la chaudière principale et permettant d'alimenter celle-ci sans interrompre le travail ; il inaugurait l'usage de robinets de jauge pour la détermination du niveau de l'eau dans les chaudières ; enfin, en appliquant à ses récipients le système de condensation par surface, il hâtait la production du vide et permettait à la machine de fonctionner plus rapidement. Mais il était très peu explicite au sujet de la façon dont il était parvenu à réaliser son invention. Il se bornait à dire : « Quoique mes pensées se fussent arrêtées pendant bien longtemps sur les machines à élever l'eau, jamais je n'aurais pu arriver à une invention de ce genre, si je n'avais eu le bonheur de découvrir cette nouvelle force, ou principe de mouvement, beaucoup plus puissante et plus économique que toutes celles qu'on a utilisées jusqu'ici. Mais une fois que je connus cette force, qui réside dans la vaporisation sous l'action du feu, le spectacle des nombreuses difficultés qu'éprouvent les mineurs et les houilleurs, par suite des fréquents dérangements et des embarras de toute sorte que leur causent les machines à élever l'eau, me suggéra le désir d'inventer quelque engin d'épuisement basé sur cette nouvelle force ; et quoique je me visse obligé de lutter contre les difficultés les plus étranges et les plus insurmontables, je n'épargnai ni temps, ni peines, ni argent, jusqu'à ce que je fusse arrivé à les aplanir entièrement. »

Il ne confessait donc pas avoir eu aucunement connaissance de la machine de Worcester. Et pourtant il était déjà âgé de douze ans lorsque celui-ci mourut ; il avait travaillé dans sa jeunesse aux ateliers de York, dans le Strand, où l'on devait bien parler quelquefois des inventions du marquis, et, au moment où Savery fit connaître son appareil, il n'y avait pas trente ans que la Machine commandant l'eau avait cessé de fonctionner à Vauxhall. A peine y avait-il dix-huit ans que, par suite du décès de lady Worcester, elle avait pu être détruite.

Au reste le public accusa immédiatement Savery d'avoir dérobé à Worcester les dispositions fondamentales de sa machine. On prétendit même (1) que, dans l'espoir de se dégager de ce soupçon, il avait fait rechercher et brûler les exemplaires restants des écrits de Worcester ; et qu'il donna à diverses personnes, au sujet de la façon dont le hasard lui avait fait découvrir les propriétés de la vapeur, des versions invraisemblables et contradictoires.

D'ailleurs, comme le faisait déjà remarquer Desaguliers (2), et comme Dircks l'a parfaitement mis en évidence, il y a une analogie frappante entre les termes mêmes de la *Century* et ceux de la description que Savery, dans l'*Ami du mineur*, donna de son appareil et des usages auxquels il pouvait s'appliquer.

Il y a encore d'autres circonstances qui sont de nature à confirmer les accusations formulées déjà par ses contemporains. Ce n'est que quelques mois après la mort du fils unique de Worcester, le duc de Beaufort, qu'il exhiba son premier modèle de machine à feu. A la même époque, il fit étendre la durée de son brevet à 35 ans au lieu de 14. Sur ces entrefaites mourut le Dr Hook, contemporain de Worcester; et c'est alors seulement que parut l'*Ami du mineur*.

La prétendue invention de Savery fit du reste assez peu d'impression sur les gens de son temps. Parmi les savants, on ne cite guère que Papin qui s'en soit occupé. Découragé, comme nous l'avons vu, par le peu de succès pratique qu'il obtenait de sa propre machine, ce grand homme, méconnaissant la supériorité de son système, s'appliqua, vers 1705, à perfectionner l'appareil de Savery ; il y adapta une soupape de sûreté, un piston flottant intermédiaire entre l'eau et la vapeur, de façon à diminuer les

(1) Dr J. T. Desaguliers, *Course of experimental Philosophy*, 1763 ; Stephen Switzer, *Introduction to a general system of hydrostaticks*, 1729.
(2) Op. cit.

pertes par condensation inutile de celle-ci et échauffement de celle-là ; et une chambre à air destinée à rendre l'écoulement plus uniforme.

A force de réclames, Savery parvint à faire essayer la Machine à feu par quelques propriétaires ruraux et quelques exploitants de mines du Cornouailles.

Bradley (1) et Switzer (2) racontent qu'un modèle assez réduit en fut établi à Kensington pour les usages domestiques et l'arrosage des jardins. Il coûtait 50 livres sterling, et brûlait un boisseau (3) de charbon par jour. Le récipient unique qu'il possédait se remplissait 4 fois par minute ; et la quantité d'eau élevée par heure était de 3120 gallons (4). Le tuyau d'aspiration avait 16 pieds de hauteur, et celui de refoulement, 42 pieds. Le récipient pouvait contenir 13 gallons ; et la chaudière, 40 gallons.

Les machines destinées à l'épuisement des mines ou à l'approvisionnement d'eau des villes avaient des dimensions supérieures à celles que nous venons d'indiquer. On manque de renseignements exacts à leur égard ; on sait seulement que le diamètre des chaudières n'excéda jamais 2 1/2 pieds. D'ailleurs les tentatives qui furent faites pour les appliquer à ces usages ne réussirent que fort incomplètement. La haute pression à laquelle on devait élever la vapeur faisait ouvrir les joints des appareils et éclater la chaudière et les récipients. Puis, il fallait, pour extraire l'eau des puits de mines, installer à divers étages plusieurs machines, de façon que les frais de premier établissement devenaient considérables. Enfin la dépense de combustible était aussi très grande, par suite du peu de surface de chauffe donnée aux chaudières et du refroidissement de la vapeur à son arrivée dans les récipients. Bref,

(1) *New improvements of planting and gardening*, 1718.
(2) Op. cit.
(3) Un boisseau vaut 36 litres, ou 30 à 38 kilogrammes de houille.
(4) Un gallon vaut 4 1/2 litres à peu près.

la plupart des mineurs s'en tinrent encore à leurs anciens procédés d'épuisement au moyen de seaux et de manèges.

Pendant que Savery s'occupait de perfectionner et de faire adopter la machine de Worcester, un autre anglais, Thomas Newcomen, forgeron à Darmouth, s'ingéniait à améliorer les dispositions de celle de Papin, appliquée à la mise en mouvement d'une pompe séparée.

Newcomen était assisté dans ses expériences par John Cawley. Il se mit d'ailleurs d'accord avec Savery, qui était en possession du droit exclusif d'appliquer la condensation par surface ; et de cette association féconde résulta, dès 1705, la création du nouveau modèle de machine à vapeur connu sous le nom de Machine atmosphérique, combinaison du cylindre à vapeur et du piston de Papin avec la chaudière séparée et la condensation par surface de Worcester et de Savery, à laquelle vint s'adjoindre l'emploi d'un balancier pour la transmission de l'effort de la tige du piston à la tige d'une pompe ordinaire ou à quelque autre appareil récepteur. Peu de temps après, le hasard amena Newcomen à substituer à la condensation par surface la condensation par injection d'eau, beaucoup plus rapide et plus efficace.

A partir de 1712, la machine atmosphérique fut appliquée avec succès à l'épuisement dans les mines de Wolverhampton ; et on ne tarda pas à reconnaître sa supériorité sur celle de Worcester et de Savery. Tandis que dans cette dernière la puissance était limitée par la difficulté de donner aux appareils de grandes dimensions, il devenait facile, dans la machine de Papin et de Newcomen, d'augmenter considérablement la force en faisant usage de cylindres et de pistons de grand diamètre. Puis, la perte de chaleur résultant de la condensation de la vapeur au moment de son arrivée dans le cylindre était inférieure à

celle qu'occasionnait dans l'autre appareil le contact direct de l'eau froide sans cesse renouvelée.

La machine à vapeur à piston acquit sur la machine à production directe une prépondérance de plus en plus marquée; néanmoins les deux types continuèrent assez longtemps encore à s'employer de pair, tout en se perfectionnant l'un et l'autre; et aujourd'hui même, comme nous le verrons tout à l'heure, on utilise encore parfois, pour l'élévation des eaux, des appareils analogues en principe à ceux de Worcester et de Savery.

III. — LES MACHINES A VAPEUR PERFECTIONNÉES.

Il nous reste à dire brièvement ce que devinrent, entre les mains des successeurs de Savery et de Newcomen, les deux types de machines que ceux-ci avaient nettement définis, et dont l'ébauche avait été tracée par Worcester et par Papin.

Savery mourut en 1714 ou 1716. Quelques années après, le Dr Desaguliers fit construire plusieurs appareils de son système, en y apportant quelques perfectionnements. Au lieu de la condensation par surface, il employa la condensation par injection d'eau intérieure; et il adapta à la chaudière une soupape de sûreté à levier. Ces machines, donnant 4, 6, 8, 9 et même 12 pulsations par minute, élevaient par heure, à une hauteur de 88 pieds, 10 mètres cubes d'eau environ, et développaient ainsi un travail utile de près de 3 chevaux. Elles consommaient 6 ou 7 boisseaux de combustible par jour. Elles avaient un seul récipient, de forme cylindrique et de 16 pouces de diamètre; la chaudière, qui était sphérique, avait un diamètre de 2 1/2 pieds.

Vers 1780, Rigley, de Manchester, faisait encore usage des machines dites de Savery pour pomper l'eau et faire tourner des roues hydrauliques. Un de ces engins ins-

tallé à l'usine de M. Kiers, à Saint-Pancrace, près de Londres, élevait par minute 10 pieds cubes d'eau à une hauteur de 14 pieds.

Ce système de machines d'épuisement paraît avoir été entièrement délaissé à partir de la fin du siècle passé, jusqu'à ce que, dans ces derniers temps, un américain, M. Hall, le ressuscita sous le nom de Pulsomètre, en y appliquant divers perfectionnements dont le principal consiste en une distribution de vapeur automatique fort ingénieuse (1).

Cet appareil aspire l'eau jusqu'à 2 mètres de profondeur, ou même à une profondeur de 4 ou 5 mètres lorsqu'on munit son tuyau d'aspiration d'un clapet, de façon à pouvoir amorcer. Il refoule à une hauteur qui est proportionnelle à la pression de la vapeur, mais qui pourtant ne peut guère, dans de bonnes conditions économiques, dépasser une vingtaine de mètres.

Il résulte d'expériences pratiquées l'an dernier à l'arsenal de Cherbourg qu'un pulsomètre de dimensions moyennes, recevant la vapeur sous une pression de $2^k,25$, fournit 82 pulsations par minute et élève par heure 28,5 mètres cubes d'eau à une hauteur totale de 8 mètres. La dépense de charbon par heure et par cheval d'eau élevée est de $13^k,5$; l'accroissement de température communiqué à l'eau, 2 degrés seulement.

Le pulsomètre est de construction très simple et d'installation très facile ; sa dépense de combustible est relativement assez réduite. Il convient tout particulièrement pour les épuisements momentanés opérés à de petites profondeurs, tels que ceux des cales de navires ; ou lorsque les eaux sont très sales ; ou encore dans les cas où l'on veut échauffer l'eau en même temps que l'élever.

(1) Le *Journal des mathématiques pures et appliquées* (Paris, Gauthier-Villars) a publié dans sa livraison d'août 1880, au sujet du Pulsomètre de Hall, une note très intéressante due à M. de Maupeou, sous-ingénieur de la marine française.

On construit aujourd'hui diverses sortes de pulsomètres, différant au fond assez peu de l'appareil de Hall. Une des variétés les plus répandues est le Bélier à vapeur.

La machine à piston, telle que Newcomen l'avait construite, fonctionnait encore assez péniblement; elle ne donnait que 6, 8 ou 10 coups par minute, et elle ne développait guère qu'un travail de 8 chevaux.

En 1713, un jeune ouvrier, Humphrey de Potter, trouva le moyen de porter sa vitesse à 15 ou 16 coups, en mettant le mécanisme de commande ou de distribution sous la dépendance d'un déclic à cordes mû automatiquement par le balancier. Cette distribution à déclic fut encore perfectionnée en 1718 par Henri Beighton; et d'autre part, une soupape de sûreté fut adaptée à la chaudière.

Ainsi améliorée déjà dans ces détails, la machine atmosphérique se répandit rapidement pour l'épuisement des mines dans les districts du Staffordshire, du Yorkshire, du Lancashire et surtout du Cornouailles. Elle fut aussi employée à l'asséchement des marais, à l'alimentation d'eau des villes, et à la création de chutes d'eau artificielles destinées à mettre en mouvement des roues hydrauliques. Sa dépense de combustible était de 25^k environ par cheval et par heure; sa force atteignait parfois 75 chevaux.

De nouveaux perfectionnements apportés par John Smeaton (1769-1774) permirent encore d'accroître sa puissance en même temps que de réduire sa consommation de charbon. Le service de la condensation fut fait par une pompe spéciale; le piston à vapeur reçut une garniture à étoupes et fonctionna à une vitesse plus grande; on augmenta la hauteur relative du cylindre; et cet organe, au lieu d'être placé au-dessus de la chaudière, fut installé solidement à côté de celle-ci. Établies dans ces conditions, certaines machines des environs de Newcastle arrivèrent à développer un travail de plus de 160 chevaux, en ne consommant plus que 10^k de houille par cheval-heure.

A partir de 1784, la machine à vapeur fut employée à actionner les souffleries des hauts fourneaux, non plus par l'intermédiaire de roues hydrauliques, mais directement, en agissant sur un cylindre soufflant à simple effet avec adjonction d'un régulateur.

Enfin James Watt, ayant découvert l'existence de la chaleur latente de vaporisation (1763-1774), comprit toute l'importance qu'il y avait à supprimer autant que possible les causes de refroidissement de la vapeur. Il reconnut que les trois quarts de l'énergie calorifique de la vapeur étaient perdus par suite du refroidissement du cylindre au contact de l'eau injectée ; et il imagina le condenseur séparé. L'air, en pénétrant dans le cylindre par la partie supérieure chaque fois que le piston descendait, venait aussi refroidir cet organe. Watt y apposa un couvercle avec boîte à étoupes ; et, au lieu de la pression atmosphérique, il fit agir la vapeur sur la face supérieure du piston. La machine atmosphérique à simple effet devint ainsi une véritable machine à vapeur ; et bientôt Watt la transforma en la machine à vapeur à double effet, en mettant alternativement chacune des deux faces du piston en rapport avec le condenseur.

Voyant d'autre part que le vide obtenu par la condensation de la vapeur était encore fort imparfait, il appliqua à son condenseur spécial une pompe à air commandée directement par le balancier.

Associé ensuite avec Boulton (1775), il imagina la machine double ou couplée (Compound), la machine rotative ou roue à vapeur, la machine à fourreau, le marteau de forge et le laminoir à vapeur, ainsi qu'une disposition de machine locomotive.

Enfin il admit la vapeur à haute pression dans le cylindre et l'y fit travailler par détente ; il conçut le projet d'une machine sans condensation ; il inventa le parallélogramme articulé et la tige avec glissière pour servir de guide à la tête de la tige du piston, le régulateur à force

centrifuge, l'indicateur de pression et une foule d'autres accessoires de la machine à vapeur moderne.

D'autres mécaniciens inventèrent la manivelle coudée, le volant, le tiroir glissant de distribution, et la machine oscillante. Woolf, en 1804, perfectionna la machine Compound à haute pression, et construisit divers engins d'épuisement qui ne consommaient plus que $1^k,80$ à $1^k,31$ de charbon par cheval et par heure.

La machine à vapeur à piston était donc devenue, dès le commencement de ce siècle, à peu près ce qu'elle est aujourd'hui ; ses perfectionnements n'ont plus guère porté, à partir de ce moment, que sur des points de détail.

Ainsi on a augmenté progressivement la pression et la détente de la vapeur, de même que la vitesse du piston ; et on s'est efforcé de maintenir la vapeur sèche, en la surchauffant légèrement dans la chaudière, et en adoptant d'une manière plus générale l'emploi des chemises de vapeur. Le régulateur, qui autrefois commandait les valves d'admission de la vapeur dans le cylindre, et étranglait ainsi le passage de cette dernière, agit aujourd'hui sur le mécanisme de distribution et commande la détente. Le nombre de types généralement répandus dans les usines s'est réduit à deux : la machine à balancier de Watt, et la machine horizontale trouvée plus commode dans un grand nombre de cas.

On a beaucoup préconisé dans ces derniers temps l'emploi de deux cylindres (système Woolf, machine Compound), de façon à admettre dans le premier la vapeur à pleine pression, et à la laisser agir par détente dans le second : on supprime ainsi la communication directe du cylindre principal avec le condenseur, et on élimine une cause de refroidissement. On a aussi attribué de grands avantages au remplacement des tiroirs plans de distribution avec lumières d'admission et de décharge, mus au moyen d'excentriques ou de coulisses, par des orifices spacieux dont les obturateurs s'ouvrent et se ferment brusque-

ment par un mouvement de déclic (machines Corliss, etc.) : ces larges conduits étranglent moins la vapeur que les lumières employées précédemment. Mais on n'est pas entièrement d'accord sur le mérite réel de ces dernières modifications.

Quoi qu'il en soit, on en est arrivé aujourd'hui, comme nous l'avons vu, à ne plus consommer, pour les machines à détente et à condensation alimentées par un bon générateur, que 1^k ou même $0^k,85$ de houille par cheval et par heure.

Mais le progrès le plus éclatant réalisé dans le courant de ce siècle consiste dans l'extension prodigieuse des applications de la machine à vapeur à un nombre infini d'usages, parmi lesquels les plus importants sont la locomotion terrestre, la navigation à vapeur, l'élévation de l'eau, et la mise en mouvement de l'outillage des ateliers et des usines.

Concluons. Parmi les machines à vapeur actuellement utilisées dans l'industrie, les machines à cylindre et à piston sont les plus répandues. Elles se prêtent facilement à l'obtention d'une puissance illimitée, capable de vaincre toute sorte de résistances. Elles sont dues principalement à Watt, Smeaton, Newcomen et Papin.

Depuis Watt, ces machines sont presque toujours à action directe, haute pression, double effet, chaudière et condenseur séparés du cylindre. Newcomen, dans sa machine atmosphérique, ne faisait agir la vapeur qu'indirectement, à basse pression, sur une face du piston seulement, et en opérant la condensation dans le cylindre même ; l'action était ainsi intermittente et se prêtait assez difficilement à la mise en mouvement d'outils autres que des pompes ; et, pour développer un travail considérable, il était nécessaire de donner au cylindre et au piston des dimensions exagérées, et de consommer une quantité rela-

tivement grande de combustible : aussi ne rencontre-t-on plus que fort rarement la machine de Newcomen, même là où le charbon n'est pas cher, comme dans certains districts de l'Angleterre. La machine de Papin avait servi de modèle à la précédente ; elle en offrait donc tous les inconvénients ; et en outre son fonctionnement était extrêmement lent et pénible, parce que la condensation n'y était point aidée par l'intervention d'eau froide, et qu'il fallait à chaque coup de piston éloigner le foyer du cylindre faisant office de chaudière.

La machine à vapeur à production directe, sans piston, servant à l'élévation des liquides en quantité relativement petite et à une hauteur restreinte, est aujourd'hui assez peu employée ; cependant le pulsomètre ou le bélier à vapeur peuvent parfois, pour des installations provisoires, lutter avantageusement avec certaines pompes peu perfectionnées. Au siècle dernier, cet appareil fut étudié par Rigley et Desaguliers ; Savery fut le premier qui réussit à l'appliquer sur une échelle un peu grande ; mais, selon toute probabilité, ce fut Worcester qui inaugura son utilisation industrielle. Outre le mérite de la priorité comme application utile de la force motrice de la vapeur et de la simplicité de construction et de fonctionnement, il possède celui d'avoir, au temps de Savery et de Newcomen, fourni à la machine à piston différentes dispositions, telles que la séparation de la chaudière du cylindre et l'emploi de l'eau froide pour la condensation de la vapeur ; et enfin celui d'être, comme la machine à piston actuelle, un appareil dans lequel la vapeur agit directement en vertu de sa force expansive.

Si l'importance pratique ou l'utilité d'une invention ne doit pas s'estimer seulement en raison des applications directes que l'on a faites, mais aussi dans une certaine mesure en raison de l'influence qu'elle a pu avoir sur l'origine ou le développement d'autres conceptions définitivement adoptées, on doit, sans rien ôter aux mérites de Watt, de Smea-

ton, de Newcomen et de Savery, décerner un juste tribut d'admiration à Papin et à Worcester. Leurs prédécesseurs, comme Salomon De Caus, Porta, Héron, etc., ont étudié la vapeur plutôt en physiciens amateurs qu'en ingénieurs désireux de doter l'industrie d'un moteur puissant et économique ; et les appareils qu'ils ont imaginés ne sont guère susceptibles d'applications pratiques. La véritable machine à vapeur date donc de Papin et de Worcester.

J. B. André.

LES THÉORIES DU DÉLUGE

IX.

Les animaux dans l'Arche et hors de l'Arche.

Quel moment solennel, aux yeux de la création tout entière, que celui où, obéissant à la voix de Jéhova, Noé et ses fils, la femme de Noé et les femmes de ses fils reprirent possession du sol de la terre ! Dernière épave de l'humanité corrompue et justement détruite, mais germe d'une humanité nouvelle d'où naîtra un Dieu ! Race d'Adam et partant race coupable, mais race héritière des promesses divines, race bénie d'où sortira le Sauveur du monde, en qui et par qui l'humanité, deux fois criminelle et deux fois condamnée, trouve grâce pour la seconde fois devant l'Éternel.

Et pour la seconde fois aussi, depuis l'origine des temps, Dieu livre à l'homme la royauté du monde. Comme, aux premiers jours, tout le règne animal avait défilé devant Adam, nouvellement sorti des mains de son Créateur ; ainsi les animaux choisis pour la préservation se répan-

dent sur la terre au sortir de l'Arche, sous les yeux de Noé, le second père de l'humanité.

Cette fois la suzeraineté de l'homme sur la bête, un holocauste offert par Noé la consacre ; un holocauste de tout animal pur au souverain Maître de qui dépend la nature entière. Et comme aux premiers jours encore, Dieu bénit l'homme et sa postérité et lui commande de multiplier et de remplir le monde. Il bénit les animaux, ceux qui sont sortis de l'Arche *comme toute autre bête de la terre:* ex omnibus egredientibus arcam, *omni bestiæ terræ* (1). Il bénit toute la nature, les semailles et les moissons à venir, le froid et le chaud, l'été et l'hiver, le jour et la nuit, qui se succéderont désormais sans faillir. Enfin il conclut avec l'homme son pacte divin : il n'y aura plus d'autre déluge, et l'humanité ne sera plus détruite jusqu'à la consommation des temps; l'arc aux vives couleurs, imprimé à la face des nuées, est le gage indélébile qui scelle le pacte divin.

Quelle grandeur et quelle simplicité sublime dans ce récit biblique de la sortie de l'Arche ! Point d'artifices de langage, point de recherche de l'art humain pour dire ces merveilles ; toute recherche et tout artifice ne pourraient qu'affaiblir la réalité.

On s'est cependant moqué de ces réalités grandioses. On a raillé cette immense maison de bois qu'aurait, disait-on, construite un seul homme. On a tourné en dérision ce coffre de 300 coudées de long sur 50 de large, comme absolument insuffisant à contenir toutes les espèces animales du globe avec la nourriture si variée nécessaire à leur existence pendant plus d'une année. On a persiflé à propos des poissons, cétacés, crustacés, mollusques, dont il n'est pas parlé à l'occasion du déluge et qui, pourtant, destinés à vivre les uns dans l'eau douce, les autres dans l'eau salée, auraient eu singulièrement à souffrir dans le mélange de ces deux milieux. On a enfin accueilli d'un ironique et

(1) *Gen.* IX, 10.

dédaigneux sourire le prompt rassemblement que Noé aurait réalisé en quelques jours des animaux appartenant aux zones les plus éloignées. Puis l'on a jeté, d'un ton superbe et triomphateur, cette conclusion destinée, assurément, à ruiner définitivement la croyance à une histoire « non seulement invraisemblable mais encore absurde » :

« Il est visible que ceux qui l'ont rapportée ne se doutaient ni des lois de la distribution des animaux à la surface du globe, ni de leur quantité innombrable, ni de l'étendue de notre monde (1). »

Il est visible, répliquerons-nous, que l'auteur de ces objections, s'il est sincère, ne se doute ni du sens exact du récit qu'il bafoue, ni des lois les plus certaines de l'interprétation et de l'exégèse, ni du peu de solidité de ses attaques.

Et d'abord que signifie cette question : « Comment Noé put-il bâtir *seul* l'arche immense, etc. ? »

Une objection aussi puérile rappelle celle, non moins vaine, qu'opposait un autre savant à ces paroles de Notre Seigneur : *Stellæ de cœlo cadent.*

« Comment est-il Dieu, s'exclamait ce savant aussi impie qu'ignorant, celui qui a dit que les étoiles tomberont *sur la terre* comme des grêlons dans un temps d'orage? Évidemment, il n'avait aucune connaissance de rien (2). »

De même que Jésus-Christ n'a dit nulle part que les étoiles du ciel tomberont *sur la terre*, Moïse n'a jamais dit non plus que Noé a bâti l'Arche *à lui tout seul* et sans le concours d'aucun ouvrier. Il a construit cette vaste maison flottante comme Michel-Ange a bâti Saint-Pierre, Soufflot le Panthéon, Louis IX la Sainte-Chapelle.

Inutile d'insister.

Peut-être est-il permis d'excuser davantage une autre

(1) Alfred Maury, *Encyclopédie moderne*, t. XII, article *Déluge*.

(2) Cf. Gratry, *Conférences* de Saint-Étienne-du-Mont, 1863. Deuxième conférence. — Publiées par la *Revue d'Économie chrétienne*, tome IV.

objection dont le mal-fondé peut ne pas sauter aux yeux aussi vite que celui de la première. On peut se demander avec une certaine bonne foi s'il était possible de ménager dans un vaisseau de 300 coudées de long sur 30 de haut et 50 de large, un nombre de cases suffisant (aujourd'hui l'on dirait des *boxes*) pour loger tous les reptiles, tous les oiseaux, tous les mammifères terrestres dont les découvertes nouvelles font sans cesse grossir le nombre, eux et l'énorme quantité de provisions alimentaires qu'il fallait pour les nourrir. Au moins conviendrait-il de se borner à poser la question sans en faire *à priori* une objection d'allures tranchées et absolues ; l'on pourrait aussi se donner la peine de l'examiner avec quelques détails. A défaut de M. Maury, d'autres auteurs ont eu ce soin.

Deluc disait déjà : « Je connais des calculs par lesquels on a démontré que l'Arche pouvait contenir un couple de tous les animaux connus, et je les crois justes. » M. Le Pelletier, de Rouen, le R. P. Fournier, auteur d'un traité d'hydrographie, ont fait à ce sujet des calculs que M. l'abbé Maupied a reproduits et que cite l'auteur des *Splendeurs de la foi*. On y démontre qu'en donnant à la coudée 20 pouces français, de $0^m,02707$, soit une longueur de $0^m,541$, l'arche pouvait posséder, rien que dans son fond de cale et son troisième étage, une capacité de 1 016 750 pieds cubes (1) ou 348 500 hectolitres pour l'em-

(1) Ces chiffres diffèrent un peu de ceux qui sont rapportés dans l'ouvrage précité (t III, p. 1149). Cela tient à ce que, par suite de fautes d'impression, il s'y est glissé plusieurs fautes de calcul. Ainsi on lit à la ligne 8 : «500 pieds × 83 pieds font 4 500 p. q ». C'est 41,500 p. q. qu'il fallait. Aux lignes 17 et 18, on lit : « 500 × 83 × 7 ou 290 500 pieds cubes », ce qui est exact, mais, à la phrase suivante, on trouve : « 500 × 83 × 5 ou 290 500 », ce qui ne l'est plus ; puis « la moitié de 290 500 ou 124 590 » ce qui contient une double inexactitude, car 124 590 n'est pas la moitié de 290 500, et il faut la moitié de 207 500, ou 103 750. Nouvelle erreur, par suite, dans cette phrase : « Les deux parties inférieure et supérieure du troisième étage réunies feront ensemble 415 000 pieds cubes. » C'est 394 250 pieds cubes que feront ces deux parties réunies, ou 290 500 + 103 750. En ajoutant ce dernier total aux 622 500 pieds cubes affectés au fond de cale, on obtient bien 1 016 750 pieds

magasinement de provisions ; que dans le premier et second étages, ayant chacun une superficie de 41 500 pieds carrés, on pouvait loger, dans l'un 570 couples de grands animaux avec 36 pieds carrés pour chacun, dans l'autre trois étages de cages contenant ensemble seize mille couples d'oiseaux et de petits animaux et autant d'espèces d'insectes. Or, en calculant d'après Buffon, Cuvier, Linnée, de Blainville, le nombre des animaux terrestres ou aériens ayant pu prendre place dans l'arche, et doublant même le chiffre de Linnée, on n'arrive qu'à un total de 4 620 espèces!

On a aussi comparé l'Arche de Noé au fameux *Great Eastern*, dont le tonnage brut était de 3 350 000 pieds cubes anglais, tandis qu'en évaluant la coudée à 25 pouces anglais, le tonnage de l'Arche eût passé quatre millions de pieds cubes. Or, d'après les calculs de l'amiral Pâris, dans un rapport au ministre de la marine, le *Great Eastern* aurait pu effectuer le transport, de France en Chine, de dix mille hommes de troupes. L'espacement nécessaire pour l'embarquement, pour une longue traversée, de dix mille hommes avec armes et bagages, est évidemment supérieur à celui qu'il faudrait pour embarquer moins de cinq mille couples d'animaux ; et la cavité de l'Arche était d'un cinquième plus grande.

Un architecte de Berlin, il y a environ un siècle, avait entrepris et mené à bien le travail énorme de donner un plan, détaillé jusqu'à la minutie, de l'Arche, de son intérieur, de son aménagement. Il s'appelait Isaïe Silberschlag. Tout était prévu dans ce plan : non seulement la place qui pouvait être occupée par chacun des couples d'animaux énumérés dans la classification de Linnée, mais encore la position relative des uns par rapport aux autres, et par rapport à l'espace réservé à Noé et à sa famille ; non seule-

cubes (au lieu de « 1 037 500 ») qui, convertis en mesures métriques, d'après les tableaux de conversion de l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, donnent 348 500 hectolitres (au lieu de « 383 510 »).

ment l'éloignement mutuel des espèces ennemies, mais aussi l'éloignement, à distance des personnes, des animaux incommodes par le bruit de leur voix, de leur piétinement, de leur odeur ; non seulement les magasins aux provisions, mais encore leur répartition de manière à rendre le service de la distribution le plus facile possible (1).

Nous avons voulu mentionner ces divers calculs et combinaisons, parce qu'ils font ressortir la légèreté et le peu de fondement des objections qui ont la capacité de l'Arche pour objet. Nous devons dire toutefois qu'ils sont, à nos yeux, plus ingénieux que concluants. Il n'existe sur la valeur de la coudée au temps de Moïse, à bien plus forte raison au temps de Noé, aucune donnée certaine. Par conséquent toutes les combinaisons, tous les calculs que l'on peut faire à ce propos ne peuvent guère avoir que la valeur d'un jeu d'esprit.

D'ailleurs ils ne répondent pas à une autre objection qui serait bien plus sérieuse si elle était fondée, et que nous allons examiner : nous voulons parler de la difficulté pour Noé de réunir et de faire entrer dans l'Arche les représentants de *tous les animaux* de la création, depuis ceux qui vivaient à l'état de domesticité dans le pays qu'il habitait, jusqu'aux animaux sauvages ou féroces réfugiés dans les forêts et dans les contrées désertes ; depuis la mésange et l'oiseau-mouche jusqu'à l'aigle ou au condor ; depuis le puceron imperceptible à l'œil jusqu'au brillant scarabée ; enfin depuis les animaux indigènes jusqu'à ceux des antipodes ou des contrées extrêmes, kanguroo de l'Australie, girafe et autruche de l'Afrique méridionale, puma et cougouar de l'Amérique, etc., etc. Quelles chasses homériques, quels voyages impossibles, quelles expéditions nonpareilles, sans parler des connaissances zoologiques défiant presque les forces de l'intelligence humaine, pour arriver à réunir une ménagerie semblable !.. A interpréter en ce sens

(1) Cf. Henri Reusch, *La Bible et la Nature*, trad. Hertel, p. 409.

les paroles de l'Écriture, il est évident qu'une aussi gigantesque entreprise, qui serait d'une difficulté inouïe de nos jours avec tous les moyens dont dispose une civilisation raffinée, était absolument impossible, humainement parlant, au temps de Noé. On ne pourrait l'expliquer sans un miracle et sans un miracle éclatant, assurément facile au Tout-Puissant comme tout autre miracle, mais dont on chercherait vainement la raison d'être ou l'utilité.

Reportons-nous au texte biblique :

« De tout ce qui vit, de toute chair, tu feras entrer dans l'Arche deux de chaque espèce, pour les conserver en vie avec toi ; qu'ils soient mâle et femelle (*Gen.* VI, 19) ;

» Des oiseaux suivant leur espèce, du bétail suivant son espèce, de tout reptile du sol suivant son espèce... (Ibid. 20). »

Où est, dans ce passage, l'expression indiquant qu'il s'agira de tous les animaux répandus sur le globe terrestre, même aux antipodes et autres contrées dont vraisemblablement Noé ignorait jusqu'à l'existence?

Dieu, s'adressant au patriarche, lui parle un langage qu'il puisse comprendre : tout ce qui vit, toute chair, oiseaux, bétail, etc.; ne peut s'entendre que de ce que Noé connaissait et avait en quelque sorte sous la main. Autrement Dieu eût dû lui donner des indications bien autrement détaillées et précises (1). Il y a d'ailleurs, au récit de la sortie de l'Arche, un autre texte qui corrobore pleinement cette interprétation. Dieu bénissant l'humanité nouvelle, étend cette bénédiction aux animaux, non seulement aux animaux qui sont sortis de l'Arche, mais à tout animal de la terre :

« J'établirai mon pacte avec vous, dit Élohîm, et avec tout être vivant qui est avec vous, en oiseau, en bétail, et en tout animal de la terre avec vous, soit avec tous ceux

(1) Cette opinion, formellement admise par Pianciani, est aussi soutenue par M. l'abbé Vigouroux (*Manuel biblique*, 2e éd., t. 1er, p. 451).

qui sont sortis de l'Arche, soit *avec tout animal de la terre :* in omni bestia terræ vobiscum, ex omnibus egredientibus arcam, *omni bestiæ terræ* (IX, 9, 10). »

La Vulgate s'exprime d'une manière analogue : «... in pecudibus terræ cunctis, quæ egressa sunt de arca, *et universis bestiis terræ.* »

Il ressort manifestement de ce texte que les animaux sortis de l'Arche ne représentent qu'une partie des animaux existants, puisque Dieu étend sa bénédiction à tout être vivant sorti de l'Arche et *à tout animal de la terre.* D'ailleurs, comme le remarque Pianciani, Dieu ne commanda pas à Noé plus que ses forces ne le comportaient. Que l'un des grands potentats de l'antiquité classique, Auguste ou Alexandre le Grand par exemple, eût reçu de Dieu le même ordre que Noé : avec les moyens considérables dont disposaient ces puissants souverains, ils auraient rassemblé la ménagerie la plus complète qu'on eût encore vue ; et cependant ni les animaux de l'Amérique, ni ceux de l'Australie n'y auraient figuré. « La collection zoologique de Noé aurait-elle été plus complète (1)? » Nous répondrons qu'elle ne pouvait pas même, et à beaucoup près, l'être autant, les moyens d'action dont disposait Noé étant certainement très inférieurs à ceux que possédaient Alexandre ou Auguste.

Serrons de plus près les textes.

A partir du chapitre VII, verset 2, s'établit la distinction des animaux purs et des animaux impurs :

« De tout bétail pur tu prendras près de toi sept couples, le mâle et sa femelle, et du bétail qui n'est pas pur ce sera un couple, le mâle et sa femelle (VII, 2).

» Aussi des oiseaux des cieux *qui sont purs* (Septante) sept couples, *et des oiseaux qui ne sont pas purs un couple, le mâle et sa femelle* (Septante), afin de conserver leur germe vivant sur la face de toute la terre (VII, 3). »

(1) Pianciani, *Cosmogonia*, p. 552, cité par Reusch, *loc. cit.*, p. 406.

Et plus loin, dans l'énumération de ce qui entre dans l'Arche, nous lisons :

« Du bétail pur et du bétail qui n'est pas pur et des oiseaux *purs et des oiseaux qui ne sont pas purs* (Septante) et tout ce qui se meut sur le sol (VII, 8) »

» Deux par deux vinrent vers Noé dans l'Arche... (VII, 9). »

Cette distinction des animaux en *purs* et *impurs* a ici une portée considérable. On la retrouve dans toute l'histoire du peuple juif, et il faut l'avènement du christianisme et une révélation spéciale à saint Pierre pour la faire disparaître. Or ce n'est qu'aux animaux utiles à l'homme, susceptibles de jouer le rôle de ses serviteurs (1), et, plus tard, pouvant servir à sa nourriture, que cette distinction est appliquée chez les Hébreux. D'où il suit que les animaux que Dieu ordonne à Noé de prendre avec lui dans l'Arche sont exclusivement les animaux domestiques ou ayant avec l'homme quelque rapport d'utilité. Les expressions suivantes : « de tout reptile du sol, *ex omni reptili terræ* » (VI, 20); « et tout ce qui rampe (ou se meut sur le sol, *et omni quod reptans super terram* » (VII, 8); « et en tout être doué de mouvement qui se meut sur la terre, *et in omni reptili reptante super terram* » (VIII, 17) ; « et tout être doué de mouvement, et *omne reptans super terram* » (VIII, 19) ; ces expressions ou membres de phrases ajoutés à l'indication des animaux purs et impurs n'infirment pas notre interprétation. Nous rappelons ici la remarque déjà faite à ce sujet au chapitre VII de la présente étude, le mot hébreu *remesch* ne signifiant pas seulement *reptile* dans le sens des classifications zoologiques actuelles, mais aussi tout animal qui se meut à proximité du sol. Ce mot peut donc avoir été employé par opposition à *behemah*, gros bétail, *jumentum*, pour indiquer des bêtes

(1) Cf. Fr. Lenormant, *Manuel d'histoire ancienne de l'Orient*, t. I, pp. 8 et 9.

plus petites et pouvant être d'autant plus utiles à l'homme que la chair des animaux lui servira désormais de nourriture. Remarquons aussi que, de même qu'il n'est pas question, parmi les animaux à préserver, des espèces aquatiques, de même il n'est pas fait mention non plus de cette autre classe d'animaux comprise dans les énumérations de l'Hexaméron (*Gen.* I, 24 et 25) sous l'appellation de *chajjath haretz*, *feram terræ*, c'est-à-dire les bêtes fauves, sauvages ou féroces. D'où l'on doit légitimement conclure que Noé ne reçut pas l'ordre de leur donner place dans l'intérieur de l'Arche.

La différence de quantité entre les animaux impurs, dont il n'était pris qu'un couple, et les animaux purs, dont il était conservé sept couples s'explique naturellement par l'interdiction de manger la chair des premiers et de la faire servir aux holocaustes : on n'en mettait dans l'Arche que le strict nécessaire pour la conservation des espèces, un mâle et une femelle de chacune.

Mais avec sept couples de chaque espèce des animaux purs, il y avait plus qu'il n'était indispensable pour les perpétuer, et ce surplus était destiné tant à subvenir aux sacrifices que Noé inaugurera dès sa sortie de l'Arche, comme nous l'apprend le verset 20 du chapitre VIII (1), que sans doute aussi à servir à la nourriture de lui et des siens pendant les premiers temps (2) et jusqu'à ce que la terre, après le retrait des eaux, fût de nouveau devenue féconde.

(1) « Et Noé construisit un autel à Jéhova, et il prit de tout bétail pur et de tout oiseau pur, et il offrit un holocauste sur l'autel » (*Gen.* VIII, 20).

(2) Tout ce qui se meut et tout ce qui est vivant sera à vous pour nourriture ; comme la verdure de l'herbe, je vous donne tout (*Gen.* IX, 3). — Il semblerait résulter de ce texte que les hommes, avant le déluge, étaient seulement herbivores et frugivores. Cependant les débris d'ossements trouvés dans les cavernes ou dans les kjökkenmödding (restes de cuisine), comprennent des os d'animaux fendus par le milieu d'une manière manifestement intentionnelle, pour en extraire la moelle. Pourquoi extraire la moelle des os des animaux, sinon pour la manger? Si donc le déluge est survenu après l'extinction des essaims, sortis du groupe ou noyau primitif de l'humanité

Il est donc admissible et vraisemblable que le nombre des animaux réunis par Noé, et par lui recueillis dans l'Arche, fut relativement restreint. Il fut limité, en tout cas, à ceux qui existaient dans le pays habité par Noé ; celui-ci même put n'avoir pas à se préoccuper de les rassembler, ce qui paraît même en harmonie avec les textes. Il n'est en effet commandé nulle part au patriarche de *réunir*, de *rassembler* ce qui vit, toute chair, etc., et nulle part il

pour coloniser les contrées désertes d'alors, il faudrait admettre que les hommes étaient carnivores dès avant le déluge. En ce cas, que signifierait le verset 3 du chapitre IX : « Tout ce qui se meut et tout ce qui est vivant sera à vous pour nourriture ; *comme la verdure de l'herbe* je vous donne tout ? » Ce qui veut dire, suivant toute apparence : « De même que je vous ai donné les produits végétaux pour aliments, je vous donne en plus désormais la chair des animaux. »

La difficulté, si c'en est une, peut se résoudre de deux manières.

On peut dire d'abord que rien ne prouve absolument que le déluge ait clos la série des temps quaternaires, plutôt que d'avoir eu lieu en son milieu ou même dans ses premiers âges. On admettrait alors que les peuplades sauvages dont on retrouve les traces dans les gisements quaternaires de l'Occident, seraient postérieures au déluge universel, et auraient été détruites par des inondations survenues à différentes époques en même temps que trop restreintes et trop localisées chacune pour être en désaccord avec la promesse divine dont l'arc-en-ciel est le gage. Mais c'est là, selon nous, s'exposer à soulever des objections sérieuses pour échapper à une difficulté qui l'est beaucoup moins.

Une seconde solution, qui est celle-ci, nous semble bien préférable.

Les peuplades occidentales, dans notre hypothèse, auraient fui longtemps avant le déluge le foyer de l'humanité, le centre de la civilisation, soit qu'elles en aient été chassées, soit qu'elles aient cherché à se soustraire ainsi à l'oppression, à l'esclavage ou autres maux. Exilées dans des contrées sauvages et désertes, privées de tout secours et de toutes relations avec le reste de l'humanité, elles seraient promptement tombées dans l'état de dégradation et de sauvagerie qu'atteste la nature des débris laissés par elles. Par une conséquence naturelle, elles en seraient arrivées à changer d'habitudes et à se nourrir, non suivant les préférences des goûts qu'elles pouvaient avoir conservés du souvenir de leur berceau, mais bien suivant ce qu'elles pouvaient trouver. Elles seraient ainsi devenues carnivores par accident, par perte des habitudes civilisées de ces temps primitifs ; et le fait constituerait ainsi une exception confirmant la règle.

Les tribus sauvages qui, de nos jours encore, se repaissent de chair humaine, ne légitimeraient en aucune façon cette conclusion que l'humanité est anthropophage.

n'est dit qu'il ait réuni les animaux purs ou impurs, mais seulement que ceux-ci vinrent à lui :

« De tout ce qui vit, de toute chair, *tu feras entrer...* » (VI, 19).

« ..... Deux de chaque espèce VIENDRONT VERS TOI, *egredientur ad te.* » (VI, 20).

« De tout bétail pur tu prendras sept couples... » (VII, 2).

« Du bétail pur et du bétail qui n'est pas pur et des oiseaux... deux par deux *vinrent vers Noé* dans l'arche. » (VII, 8, 9).

Le rassemblement spontané des animaux autour de Noé, près de l'Arche, peut s'expliquer d'une manière providentielle sans doute, mais en même temps naturelle, par cet instinct du danger qu'ils possèdent à un degré incomparablement supérieur à celui de l'homme et qui les porte, en pareil cas, à chercher un refuge auprès de lui. Cette hypothèse, qui n'a rien que de raisonnable pour l'ensemble des espèces animales existant dans une contrée déterminée, serait absolument insoutenable s'il s'agissait de l'appliquer à tous les animaux du globe.

Mais en restreignant l'universalité du déluge à la portion de la terre habitée par l'homme au moment où surgit cette catastrophe, la restriction dans la quantité des espèces animales réunies dans l'Arche suit naturellement et satisfait, non seulement à toutes les données religieuses du récit de Moïse, mais encore à celles du texte littéral sagement interprété. En cet état, peu nous importent et la valeur exacte de la coudée mosaïque, et le tonnage plus ou moins fort de l'Arche, et les combinaisons de l'architecte Silberschlag, et la comparaison avec le moderne *Great Eastern* ou les calculs du R. P. Fournier. Avec 300 coudées de longueur, 30 de hauteur et 50 de largeur, la capacité de l'Arche nous laisse toute sécurité pour recevoir, avec huit personnes, la collection d'animaux indigènes indiquée par la Genèse, avec des vivres pour plus d'un an.

Nous ne dirons rien des animaux aquatiques, si ce n'est que le mélange des eaux douces et salées a bien pu en faire périr une certaine quantité, mais que, au moins les animaux marins restaient en assez grand nombre dans les parties du globe que l'homme n'habitait pas et que le déluge n'atteignit point, pour repeupler, après la catastrophe terminée, les eaux des terres inondées. D'ailleurs le mélange ne se produisit pas nécessairement partout d'une manière tellement intime et complète qu'un grand nombre n'ait pu résister et survivre à l'inondation. Aujourd'hui même, le degré de salure de la mer est très variable, et le fait de sources jaillissant du fond de l'Océan et formant au sein de celui-ci une colonie d'eau douce, qui ne se mélange point avec lui, n'est point un phénomène hypothétique et sans exemple. Ce fait et d'autres analogues pouvaient avoir lieu pendant l'inondation diluviale. Les fleuves et les rivières communiquent fréquemment, d'ailleurs, avec de vastes nappes souterraines ; il en était de même alors, et la salure des eaux marines d'invasion eût exigé bien plus d'une année pour les atteindre.

X.

Le pacte et l'arc-en-ciel.

Un auteur qui se pique plus d'hostilité systématique contre toute religion, surtout chrétienne, que de sérieux et de bien fondé dans ses attaques, impute à ceux qui admettent l'authenticité et la vérité de la Bible cette croyance que l'arc-en-ciel n'aurait pas existé avant que Jéhova l'eût montré à Noé. Il est vrai que cet écrivain pousse la courtoisie et le respect de lui-même jusqu'à prêter à ses adversaires l'*hypocrisie* de paraître ou d'*avoir*

paru prendre cette opinion pour un article de foi (1).

Ceux de nos lecteurs qui ont présents à l'esprit les versets 12 à 17 du chapitre IX de la Genèse, ou qui voudraient bien se reporter aux textes latin et français que nous avons donnés dans notre premier article (2) n'auront pas de peine à faire justice de cette bizarre imputation. Pas un membre de phrase, pas un mot ne s'y rapporte à l'apparition d'un phénomène *nouveau et inconnu* jusque-là; comme aussi, il importe de le remarquer, rien dans les paroles d'Élohîm n'infirme cette même opinion. Il en résulte qu'il ne peut et qu'il n'a jamais pu y avoir sur ce point qu'une question de libre opinion, laquelle a varié, comme on le verra un peu plus bas, et peut varier encore sans qu'il soit besoin d'user d'aucune hypocrisie pour paraître croire à une interprétation essentiellement libre et dans laquelle la véracité de l'écrivain sacré est absolument hors de cause.

Si vaine et si pitoyable que soit une pareille attaque, il était bon toutefois, de la relever : elle montre à quel degré de puérilité peut faire descendre le parti pris d'incriminer à tout propos et en toute circonstance nos livres saints. La futilité est ici d'autant plus apparente que, dans l'état actuel des connaissances météorologiques, la plus grande probabilité scientifique semblerait être en faveur de l'interprétation dont se rit si agréablement l'écrivain auquel nous faisons allusion.

(1) « Nous n'avons plus de raisons *hypocrites* pour *paraître* croire que chaque espèce animale depuis l'éléphant jusqu'à la puce et au delà, ait été l'objet d'une intervention directe d'*un puissant magicien*, faisant sortir les couples de la terre et des eaux *au signal d'une baguette féerique*, les faisant ensuite tous pénétrer dans un bateau pour les sauver du déluge et les remettant de nouveau en liberté en déployant dans le firmament l'arc-en ciel qui, avant cette époque n'aurait pas existé. » (Camille Flammarion, *Les Terres du Ciel*). Il suffit, ce nous semble, de citer de pareilles diatribes. Travestir nos croyances pour les tourner en ridicule, et nous taxer d'hypocrisie pour avoir *paru* les accepter, en supposant ainsi que nous les aurions répudiées aujourd'hui, c'est là un procédé trop peu sérieux (à ne rien dire de plus) pour mériter l'honneur d'être discuté.

(2) *Rev. des quest. scientif.*, janvier 1881, p. 429.

Tout semble d'ailleurs indiquer, par l'examen attentif de certains versets des chapitres de la Genèse relatifs au déluge, que les conditions atmosphériques et climatériques éprouvèrent, à la suite de ce grand phénomène, des modifications importantes.

« Tant que seront les jours de la terre, dit Jéhova se parlant à lui-même (verset 22, chap. VIII), les semailles et la moisson, le froid et le chaud, l'été et l'hiver, le jour et la nuit ne cesseront pas. »

Et un peu plus loin, parlant à Noé et à ses fils :

« Et j'établirai mon pacte avec vous ; toute chair ne sera plus exterminée par les eaux du déluge, et il n'y aura plus de déluge pour détruire la terre. » (IX, 11.)

On s'est donc demandé si cette prédiction de la régulière succession des saisons, des fruits de la terre, n'indiquerait pas que cette succession n'avait pas existé jusqu'alors. Il est vrai que l'interruption de toute récolte, de toute saison, de toute alternative de jours et de nuits sur la terre inondée pendant près d'une année peut suffire à la rigueur à expliquer cette déclaration ; mais elle s'expliquerait aussi par un état antérieur à climats plus doux et moins accentués, à sol plus fertile par lui-même. La promesse qui suit, et d'après laquelle il n'y aura plus de déluge désormais sur la terre pour détruire les hommes, viendrait à l'appui de cette conjecture : la nouvelle constitution atmosphérique et les conditions différentes dans lesquelles se trouvera désormais le globe, seraient exclusives d'une nouvelle catastrophe pareille.

L'atmosphère pouvait être, était probablement avant l'inondation diluvienne, dans un état différent de ce qu'elle a été depuis : l'air qui nous entoure était sans doute moins riche en oxygène, un peu plus en acide carbonique, et saturé par une proportion de vapeur d'eau beaucoup plus forte. Des commentateurs ont pensé qu'il n'avait pas plu sur la terre avant le déluge, parce qu'il est dit au verset 5 du chapitre II de la Genèse, que le Seigneur n'avait pas

encore fait pleuvoir sur la terrre, mais qu'une nuée ou brume qui s'élevait du sol en humectait la surface ; depuis lors, il n'est plus question de pluie jusqu'à celle relative au déluge. Cette preuve ne semble pas très convaincante, car le silence sur un fait n'en implique pas nécessairement la non-existence. Toutefois, en admettant cette donnée, on comprendrait que la pluie excessive, survenue en même temps que le débordement des mers, eût été le point de départ d'un ordre de choses nouveau, qui se serait régularisé ensuite. D'autres supposent, sans doute avec plus de raison, que les lois atmosphériques de l'époque qui précéda le déluge étaient constituées de telle sorte que la pluie violente et extraordinaire qui accompagna l'inondation fut un phénomène naturel. Les lois atmosphériques actuelles remonteraient donc seulement à cet événement qui aurait clos l'état de choses antérieur. C'est le contre-pied du système précédent. Mais dans l'un comme dans l'autre, il serait admissible que, à partir du déluge, les lois atmosphériques, comme celles de la constitution physique du globe, eussent été fixées en des conditions naturelles nouvelles et ne laissant plus place à la possibilité du retour d'une semblable catastrophe. On s'expliquerait très bien ainsi que l'arc-en-ciel eût paru pour la première fois après la sortie de l'Arche, alors que la réalisation de ce phénomène n'eût pas été possible auparavant, de même que de nos jours encore dans certaines régions tropicales, où la pluie n'est que fort rarement assez fine, dit-on, pour rendre possible la formation complète de l'arc-en-ciel.

Un certain nombre d'interprètes, et parmi eux Cornelius a Lapide, estiment que la mention de l'apparition de l'arc-en-ciel après la sortie de l'Arche n'indique point que ce phénomène se produisît alors pour la première fois; qu'il avait dû se manifester déjà comme phénomène naturel, mais qu'à la suite du déluge il parut pour la première fois en tant que signe d'alliance. Cette opinion est assurément plausible. On doit même reconnaître qu'au temps de Corne-

lius a Lapide, et même beaucoup plus tard, alors que les connaissances relatives à la cosmogonie et à la physique du globe étaient moins développées qu'aujourdhui, cette interprétation était la plus sage : on n'avait alors aucun motif de penser que les lois du monde physique avaient pu varier, puisque l'on se figurait le monde créé comme tout d'une pièce, au son de six commandements se succédant consécutivement à vingt-quatre heures d'intervalle. Mais aujourd'hui qu'il est bien et dûment constaté que le Créateur s'est le plus souvent borné à promulguer des lois qui ont lentement produit et déroulé leurs effets, que toute la nature s'est développée par une immense série de transformations ou d'évolutions séculaires, l'idée d'une modification apportée par la catastrophe diluvienne aux conditions climatériques et météorologiques du globe se présente plus naturellement à l'esprit, et, jetant un jour nouveau sur l'interprétation des textes, rend tout à fait vraisemblable l'opinion de ceux qui voient dans l'arc-en-ciel, en quelque sorte invoqué comme gage par Jéhova lui-même, un phénomène nouveau et résultant naturellement des changements survenus dans la constitution de l'atmosphère.

Il s'agit, bien entendu, de ce grand arc de cercle pouvant inscrire la moitié de l'horizon dans sa courbe diaprée des couleurs du prisme, non de cette réfraction indécise des rayons lumineux qu'on aperçoit parfois au travers des gerbes d'une chute d'eau ou des brouillards que le soleil à son lever voit s'épandre sur la campagne. Ce serait depuis le déluge seulement que se trouveraient réunies, dans notre ciel, les conditions voulues pour la formation nette et bien apparente de cet arc gigantesque.

Que l'on veuille bien remarquer l'insistance particulière avec laquelle l'écrivain sacré revient à plusieurs reprises sur ce gage.

« J'établirai mon pacte avec vous, dit le Seigneur (IX, 9, 11), et avec votre race après vous (IX, 9).

» Et *ceci est le signe* du pacte que j'accorde entre moi et vous pour durer toujours; *j'ai placé mon arc* dans les nuées, et il sera en signe du pacte entre moi et la terre. Et quand j'aurai rassemblé les nuages au-dessus de la terre, l'*arc apparaîtra* dans la nuée, et je me rappellerai le pacte qui est entre moi et vous (IX, 12-15). »

Une telle insistance s'expliquerait-elle aussi bien à propos d'un phénomène ordinaire et avec lequel auraient été déjà familiarisés les yeux des huit personnes sauvées des eaux? Ce n'est pas encore assez :

« Et l'*Arc sera dans la nuée*, continue Élohîm, et je le regarderai pour me souvenir du pacte perpétuel entre Élohîm et tout être vivant de toute chair qui est sur la terre (IX, 16). »

Puis, revenant encore une fois sur la signification de cet arc aux brillantes couleurs, Moïse ajoute, au verset 17 :

« Et Élohîm dit à Noé : *Ceci est le signe* du pacte que j'ai établi entre moi et toute chair qui est sur la terre. »

Dans toutes ces répétitions de l'annonce de l'arc-en-ciel, aucune allusion à un fait ancien approprié en quelque sorte à une destination nouvelle; tout, au contraire, dans ces paroles, est exprimé comme il convient pour un phénomène nouveau, encore inconnu, et auquel est attachée par son auteur une particulière importance.

Cette destination providentielle du météore implique-t-elle une formation miraculeuse à son origine? En aucune sorte, et, pas plus que sa formation originelle par le jeu régulier des lois de la nature, elle n'est opposée à la signification surnaturelle qu'il a plu au Tout-Puissent de lui attribuer. Là, comme en tant d'autres circonstances, Dieu fait servir à ses fins divines les effets naturels des lois qu'il a promulguées. Il choisit l'arc-en-ciel, résultat d'une loi nouvelle, ou plutôt du fonctionnement des lois anciennes dans des conditions nouvelles, comme le garant de la fixité du mode d'action des autres lois qui régisssent l'état

physique de notre globe. Car tout se tient dans la nature ; et il est visible que tant que l'arc-en-ciel pourra peindre, sur les nuées du firmament, sa courbe aux sept couleurs, les rapports existant entre l'air, l'eau, la lumière, la pesanteur, qui tous contribuent au phénomène, resteront immuables, et, partant, ne laisseront s'introduire aucune variation grave dans leurs fonctionnements réciproques.

Ces conditions météorologiques nouvelles, et dont l'existence de l'arc-en-ciel nous garantit la fixité, se lient-elles à des changements survenus et également rendus fixes dans les climats? Il n'est pas interdit de le supposer.

Remarquons d'abord que la théorie qui localise le déluge à une portion du globe seulement, siège, au moment de l'irruption des eaux, de l'humanité tout entière, n'est pas exclusive d'un certain déplacement de l'axe terrestre qui en aurait été la cause seconde, en résultant lui-même d'un soulèvement ou plissement montagneux.

Cette hypothèse de déplacements anciens de la direction de l'axe terrestre, dont nous avons fait ressortir précédemment, d'après M. de Lapparent, la vraisemblance et la probabilité (1), est envisagée par d'autres savants. M. Hind, astronome anglais, après avoir relevé les étroites limites entre lesquelles s'exerce actuellement la variation de l'obliquité de l'axe terrestre sur l'écliptique (1° 21′), en conclut avec une grande justesse que « cette découverte s'accorde avec la promesse que Dieu a faite à Noé après le déluge, de ne plus rien changer désormais à la surface de la Terre, et qu'*elle explique quels moyens le Créateur a employés pour réaliser sa volonté, moyens restés cachés jusqu'à ce que la science moderne les eût ainsi découverts* (2). »

Libre aux savants systématiquement ennemis de la Bible de trouver que « c'est là assurément une singulière idée, » et de déplorer que bon nombre d'astronomes de nos

(1) *Rev. des quest. scient.*, avril 1881, p. 446.
(2) *Solar System*, p. 33.—Cité par M. Flammarion dans *les Terres du Ciel.*

jours, « dont ils pourraient citer les noms, » soient, comme M. Hind, « inconséquents avec leur propre science. » Libre à ces savants hostiles de s'écrier : « Outre que Dieu n'a jamais « ouvert la bouche » pour parler à Noé, et que le genre humain n'a jamais été noyé comme le suppose la Bible, il est bien certain que l'*obliquité de l'écliptique avait avant le déluge les mêmes éléments de stabilité* qu'aujourd'hui, et que cette stabilité ne date pas plus que l'arc-en-ciel de l'inondation rapportée par l'historien juif. C'est là une illusion analogue à celle de Milton, qui nous montre dans le *Paradis perdu* (chant x) les anges poussant avec effort l'axe du globe pour l'incliner (1). »

Ce sont là, répliquons-nous, des négations et des affirmations qui ne résistent pas à un examen sérieux. L'illusion du poète Milton était très probablement beaucoup moins grande que celle de M. Flammarion, à qui le parti pris de malveillance contre tout ce qui touche aux croyances chrétiennes enlève en partie la liberté de ses jugements. Respectueux de la tradition, Milton, dans une inspiration du génie poétique, a peut-être, sur ce point controversé, rencontré la vraie solution scientifique.

Les anciens changements de direction de l'axe terrestre demeurent, en dépit des dénégations de M. Flammarion, scientifiquement très probables ; si donc, dans certaines conditions de vitesse et d'ouverture d'angle, une modification dans l'assiette du globe aurait pu produire un flot assez gigantesque pour faire tout le tour du sphéroïde terrestre en escaladant les reliefs orographiques les plus élevés, à bien plus forte raison, sous un angle et avec une vitesse moindres, ce changement de direction pouvait-il amener une submersion partielle, mais calculée, par l'Auteur de toutes choses, de manière à atteindre toutes les demeures des hommes.

De là deux causes de modifications dans l'état climaté-

(1) Ibid., p. 274, *ad not.*

rique : la différence de valeur entre l'angle ancien et l'angle nouveau d'inclinaison sur l'écliptique, et le changement apporté dans la distribution et la répartition des terres, des mers et des montagnes. Il est bien établi par les plus récents travaux des paléontologistes, que c'est seulement à la fin des âges secondaires, à la période cénomanienne, que les climats, nuls jusqu'alors, ont commencé à s'esquisser sur la sphère. Cependant l'extrême épaisseur relative et la matière réfractaire de la plupart des roches formées antérieurement ne permettent guère d'attribuer l'absence de climats et de saisons aux effets de la chaleur du noyau igné : aussi cet état de choses est-il attribué par les uns à un beaucoup plus grand diamètre du globe solaire, lequel ne serait parvenu qu'à la fin des âges tertiaires au degré de condensation qui lui donne son diamètre actuel, par les autres, et sans doute avec plus de raison, à une série de déplacements de l'axe terrestre amenés par la formation successive des divers systèmes de montagnes, et aussi aux modifications géographiques qui en auraient été le résultat. Dans cet ordre d'idées, le cataclysme diluvien aurait été la conséquence du dernier déplacement de l'axe terrestre, ainsi amené à sa position actuelle à la suite du dernier grand mouvement orographique.

Il n'y a rien, en tout cela, qu'on puisse en quoi que ce soit mettre en opposition avec les faits observés. Jusque pendant la période glaciaire — cela résulte des observations de plusieurs paléontologistes et notamment de M. le comte de Saporta (1) — les climats de nos latitudes, dans les plaines suffisamment distantes des massifs montagneux ensevelis sous leur manteau de glaces épaisses, étaient plus doux, plus cléments, plus tempérés que les climats actuels : la température moyenne devait y être un peu plus élevée avec des écarts moindres, et l'atmosphère beaucoup plus

(1) Cf. *Le Monde des plantes avant l'apparition de l'homme.* 1879. Paris, Masson.

humide. La flore et la faune y avaient conservé les allures qui conviennent à des climats où le froid et le chaud en excès seraient également inconnus, alors que les régions montagneuses révèlent une flore et une faune toutes boréales, et les contrées intermédiaires une flore et une faune mixtes ou plutôt mélangées.

Ce serait quand ces conditions de climats et de constitutions atmosphériques auraient subi leur dernière modification, devenue définitive quant à la durée de l'humanité, que serait apparu l'arc-en-ciel comme conséquence, et en même temps comme gage de fixité, du nouvel état de choses.

XI.

La « période pluviaire ».

La présente étude était ou, du moins, nous paraissait terminée, lorsqu'il nous est tombé sous les yeux un travail sur la géologie des vallées du Var et du Rhône pendant les périodes tertiaire et quaternaire, dont l'auteur croit reconnaître, dans les plus récentes couches alluviales de ces vallées, les traces certaines du déluge de Noé. Cet auteur, M. de Chambrun de Rosemont, membre de la Société géologique de France, édifie, sur ses nombreuses observations dans le lit et le bassin de ces deux cours d'eau, une théorie du déluge à lui particulière. Les observations, les investigations, les recherches du géologue sont approfondies, minutieuses et savantes. Les conclusions nous semblent hasardées et contestables : nous essaierons de le faire voir. Elles ont néanmoins assez d'intérêt et se rattachent assez directement à notre sujet pour qu'il y ait lieu de ne pas les passer sous silence.

Pour M. de Chambrun, la période glaciaire fut suivie de

plus ou moins près par une dernière période géologique, très courte relativement à celles qui l'ont précédée, mais longue si on la compare à la durée actuelle de la vie humaine. A ce nouvel âge géogénique dont il croit avoir reconnu les traces, il donne le nom de *période pluviaire :* ce serait, comme ce nom l'indique, une période de fortes pluies, de grandes eaux, d'inondations dont le paroxysme, « l'inondation par excellence, celle dont l'humanité a gardé le souvenir » aurait constitué le déluge noachique.

« Le récit biblique, dit l'auteur, nous indique, au commencement, une période de grande pluie. Noé est averti cent ans d'avance, sans doute par des inondations qui lui montrent le danger : c'est la première partie de la période pluviaire. Après le déluge, les eaux sont encore surabondantes sur la terre : c'est la seconde partie de la période pluviaire (1). »

Ces grandes pluies, selon M. de Chambrun, avaient une intensité environ cent fois plus forte que les pluies d'aujourd'hui, et les rivières avaient un volume pareillement centuple. La tranche d'eau qui, de nos jours, tombe annuellement dans le bassin du Var est de $0^m,80$; elle est de $0^m,72$ dans le bassin du Rhône. C'est donc une tranche de 72 à 80 mètres d'eau qui, à une certaine époque, est tombée dans nos contrées. Une pareille quantité d'eau, fait judicieusement remarquer l'auteur, c'est une affreuse calamité, c'est un cataclysme. Peut-être se hâte-t-il trop en ajoutant: « C'est le déluge, en un mot, tel que la Bible nous le raconte, le déluge par la pluie et non par l'invasion d'une eau quelconque courant sur la terre comme ferait la débâcle de quelque mer ou de lacs imaginaires. »

A la suite de la « seconde partie de la période pluviaire », la sécheresse serait revenue après une période de grands

(1) *Études géologiques sur le Var et le Rhône pendant les périodes tertiaire et quaternaire. — Leurs deltas. — La période pluviaire. — Le déluge*, par A. de Chambrun de Rosemont, membre de la Société géologique de France. 1873. Paris, J. B. Baillière. Page 62.

vents, indice d'un changement de direction dans les courants atmosphériques qui, à la suite d'une grande transformation, passaient secs là où auparavant ils versaient des torrents de pluie. Et de là, l'écrivain semble conclure qu'un changement dans le régime des vents est probablement la cause du déluge. « Moïse l'a dit (?), s'écrie-t-il, et le météorologiste qui vient 3500 ans après l'historien sacré ne peut mieux faire que de le répéter après lui. » (??). Ce changement hypothétique dans la direction des vents est attribué par notre auteur à un relèvement de 500 mètres, qu'il a constaté dans le delta du Var.

Quant aux faits géologiques qui ont donné lieu aux inductions sur lesquelles est fondée la théorie de M. de Chambrun de Rosemont, ils consistent dans les restes d'une formation alluviale spéciale, fort distincte des alluvions tertiaires et même quaternaires, que ce savant a relevés dans l'ancien delta du Var comme dans la vallée du Rhône et ses abords. Ces alluvions de la période pluviaire se distinguent des alluvions antérieures, bien que composées de matériaux analogues, en ce que leur stratification est avec eux en état de discordance. « Elles gisent dans des creux d'érosion et sont constituées d'éléments plus gros que les galets constituant la masse du delta proprement dit ; elles forment des bancs ou des amas. »

Le relevé de ces dépôts *pluviaires*, l'examen comparé des différents reliefs des bassins du Var et du Rhône, la description de ces emplacements aux différents âges tertiaires et quaternaires, composent la très majeure partie du travail de l'auteur et, croyons-nous, la plus sérieuse et la plus importante. De nombreux profils et coupes de terrain, une carte coloriée du delta et du bassin du Var inférieur, facilitent l'intelligence de ces exposés scientifiques et ajoutent à leur valeur analytique. Mais les applications à une théorie du déluge seraient, selon nous, moins heureuses.

En admettant la période pluviaire de M. de Chambrun et la généralisant même à toute la terre, il est difficile, à

nos yeux, d'y trouver une adaptation solide au déluge de Noé. Sans doute, la chute en une année d'une tranche d'eau de 72 ou 80 mètres serait une affreuse calamité, un vrai cataclysme, comme l'écrit l'auteur, pour les êtres vivants habitant les vallées inférieures et les plaines basses ; elle ne suffirait pas à couvrir les montagnes même d'une faible élévation, moins encore les hauts plateaux : elle changerait les grands bassins hydrographiques en vastes estuaires, mais laisserait non submergé tout le relief supérieur du sol. Or, soit que l'on admette l'universalité absolue du déluge, soit qu'on la restreigne à la terre habitée, que l'on admette également avec de nombreux commentateurs de diverses époques la non-inondation des sommets les plus élevés du globe, l'on ne peut se refuser toutefois à envisager l'envahissement des eaux comme dépassant tout au moins, et dans une forte proportion, les hauteurs orographiques contenues dans l'horizon que, du haut de l'Arche, pouvait embrasser le regard de Noé et des siens.

« Et les eaux prirent de plus en plus force sur la terre, et toutes les hautes montagnes qui sont sous tous les cieux furent couvertes (*Gen.* VII, 19)..... Les eaux allèrent en diminuant jusqu'au dixième mois; dans le dixième mois, au premier jour du mois, les sommets des montagnes apparurent (VIII, 5). »

Tel est le texte mosaïque. Si grande que soit la part faite ici à la forme imagée et métaphorique de la langue des Hébreux, on ne peut cependant réduire ces *hautes montagens qui sont sous tous les cieux* à des fonds de vallées, surtout quand, un peu plus loin, l'écrivain sacré ajoute que c'est seulement après dix mois de décroissance des eaux que *les sommets* des montagnes apparaissent.

Si le déluge de Noé fût résulté seulement de la chute, en une année, d'une tranche d'eau de quatre-vingts mètres, beaucoup d'hommes eussent péri sans doute, mais un plus grand nombre eussent trouvé leur salut en s'élevant d'une centaine de mètres, ou même n'eussent pas été inondés. Le

rôle de l'Arche devenait inutile; construite néanmoins comme l'indique le récit de Moïse, elle n'eût jamais perdu le rivage de vue, et eût ensuite été entraînée vers l'Océan, bien loin d'atterrir sur les flancs d'un massif montagneux. D'ailleurs la grande inondation dont l'humanité a conservé le souvenir n'étant que le paroxysme d'une longue période de pluies et d'inondations progressives, ce n'est pas Noé seulement qui eût été averti, mais l'humanité tout entière, laquelle eût, progressivement aussi, émigré sur les hauteurs et se fût trouvée presque entière hors des atteintes du fléau à l'époque de ce paroxysme.

Par la même raison, les animaux eussent échappé au désastre en quantité bien plus que suffisante pour la conservation des espèces, et dès lors la réunion dans l'Arche d'un grand nombre d'entre eux devenait inutile. Inutile aussi, ou du moins sans objet suffisant le pacte conclu entre Dieu et Noé après la sortie de l'Arche: l'Éternel n'eût pas eu à promettre de ne *plus* la détruire à l'humanité qui n'eût pas été détruite.

Nous ne cherchons pas à infirmer ici l'exactitude géologique des faits locaux relevés par M. de Chambrun. Il se peut que dans la région du sud-est de la France il y ait eu, après la période glaciaire, de longues et abondantes pluies accompagnées d'inondations proportionnées, et que l'existence de ce fait soit révélée par des strates alluviales plus récentes que les alluvions quaternaires; il se peut que l'intensité de ces phénomènes ait été accrue par certains soulèvements ou relèvements, comme serait celui du delta du Var, venant émerger au-dessus du niveau des mers par suite d'un exhaussement de cinq cents mètres. Mais cela n'autorise point l'auteur de ces intéressantes constatations à en tirer des inductions qu'elles ne renferment point. Il n'y a aucune raison pour étendre à la terre entière, ou même à une portion quelque peu importante du globe, la généralité d'un phénomène qui a pu être purement local; cette généralisation fût-elle d'ailleurs légitime, nous

croyons avoir démontré qu'un tel phénomène ne saurait être assimilé au déluge de Noé. Les fossiles correspondant à ces alluvions spéciales, ossements humains et d'animaux contemporains de l'homme, silex taillés et autres objets ouvrés, tout cela ne prouve rien au delà d'événements locaux. Quand nous voyons un simple exhaussement d'un mètre ou deux sur les eaux d'un fleuve causer, avec de nombreuses morts d'hommes et d'animaux, des désastres incalculables, nous n'avons pas à nous étonner des effets destructeurs d'inondations qui auraient couvert à une grande hauteur d'importantes vallées. Mais si grands que soient de tels effets par rapport à leurs victimes ou à leurs témoins, ils ne sont rien encore comparés à l'étendue du globe ou seulement à l'ensemble de l'humanité.

Il n'était pas inutile, croyons-nous, de citer la théorie de M. de Chambrun de Rosemont, consignée dans un écrit qui a scientifiquement sa valeur, ne fût-ce que pour en faire ressortir le peu de probabilité.

XII.

Une hypothèse hardie.

Nous pourrions clore ici cette étude sur les diverses théories explicatives de ce grand fait, historiquement incontestable et inattaquable scientifiquement, qu'on appelle le déluge. Tout au plus y joindrions-nous un tableau succinct qui les résumerait dans une vue d'ensemble.

Mais il est encore une hypothèse, une interprétation, une théorie, comme on voudra l'appeler, et qui, faite pour déconcerter par sa hardiesse les idées jusqu'ici reçues, mais soutenue par de bons esprits et non des moins orthodoxes, ne doit pas être ici passée sous silence. Nous l'exposerons sans l'appuyer ni l'improuver, mais en rapporteur hors de cause et impartial : nous ne l'improuverons point,

parce qu'elle ne heurte aucun dogme, aucune vérité essentielle de doctrine ou de morale, et que le fait qu'elle dénie n'a jamais été, après tout, défini par l'Église; nous ne l'appuierons pas non plus, parce qu'elle est encore trop nouvelle, en trop grande opposition avec les données presque universellement acceptées jusqu'à elle, pour qu'il ne soit pas prudent de demeurer à son égard et jusqu'à plus ample informé dans une sage réserve.

Ce système, exposé d'abord par un exégète catholique érudit et distingué, M. Schœbel, dans trois brochures publiées en 1858 et années suivantes (1) (aujourd'hui introuvables), admis par feu le vénérable d'Omalius d'Halloy, géologue eminent en même temps que catholique sincère, a été surtout mis en lumière par un orientaliste qui fait autorité et que nous avons eu occasion de nommer déjà plusieurs fois dans le cours de cette étude, M. François Lenormant.

Dans son récent ouvrage sur les *Origines de l'histoire*, dont le premier volume, seul publié jusqu'ici, en est déjà à sa seconde édition, cet auteur annonce, plutôt qu'il ne la pose, cette thèse pour la suite de son travail, au chapitre XIII (le seul volume paru ne va que jusqu'au chapitre VIII). « Nous y examinerons, dit-il, si réellement dans la pensée des écrivains inspirés de la Bible, le déluge a été universel au sens propre où l'on a pris l'habitude de l'entendre (2). » Et ce qui précise le sens et la portée de la pensée de l'écrivain dans cette phrase de la fin de son chapitre VIII, c'est ce passage qu'on peut lire à la première page du même chapitre : « Ce serait trop que de dire qu'on retrouve la tradition du déluge chez tous les peuples, mais elle se reproduit dans toutes les grandes races de l'humanité, *sauf pourtant une*, *la race noire*, chez laquelle on en a vainement cherché la trace, soit parmi les tribus afri-

(1) *De l'universalité du déluge*. Paris, Duprat.
(2) Cf. *Les origines de l'histoire*, ch. VIII, p. 491.

caines, soit parmi les populations noires de l'Océanie. Ce silence absolu d'une race sur le souvenir d'un événement aussi capital, au milieu de l'accord de toutes les autres, est un fait que la science doit soigneusement noter, car il en peut découler des conséquences importantes (1). »

Nous n'ignorons pas que plusieurs des thèses soutenues dans ce volume, — et non des moins sérieuses, — sont vivement combattues par de savants exégètes. Mais ces oppositions ne s'adressent pas à celle-ci qui n'est encore qu'annoncée. Nous l'exprimerons en ces termes :

L'universalité du déluge peut être restreinte non seulement à l'humanité, abstraction faite de l'ensemble matériel du globe terrestre, mais encore au noyau principal de l'humanité, et n'exclurait point la possibilité, pour quelques peuplades très éloignées, de n'avoir pas été atteintes par le fléau.

Nous répétons que nous ne faisons ici que rapporter, sans nous l'approprier ni la repousser, une opinion professée par quelques savants orthodoxes.

Sur quoi repose l'argumentation que M. Fr. Lenormant annonce comme devant être publiée dans son chapitre XIII ? Nous l'ignorons, puisque ce chapitre est encore inédit. Mais il est probable que cette argumentation ne différera pas notablement, — sauf sans doute des développements plus étendus, — de celle qu'il a déjà présentée sommairement dans le même sens, il y a douze ou quinze ans, dans le premier volume de son *Manuel d'Histoire ancienne de l'Orient* (2).

Il s'y appuie d'abord sur l'autorité de MM. Schœbel, d'Omalius d'Halloy (3), de Quatrefages, ainsi que sur celle de Cuvier qui l'aurait « formellement énoncée dans son fameux discours sur les *Révolutions du Globe* destiné à faire

(1) Ibid., p. 382.

(2) 3e édition, 1869. Paris, A. Lévy.

(3) *Discours prononcé à la classe des sciences de l'Académie de Belgique.* Bruxelles, 1866.

ressortir l'accord de la tradition sacrée avec la géologie (1).» Il fait aussi remarquer qu'un naturaliste fort distingué de la compagnie de Jésus, le P. Bellynck, avait reconnu dans les *Études religieuses* dirigées par des Pères de cette compagnie (n° d'avril 1868), que cette opinion n'a rien de formellement contraire à l'orthodoxie. D'ailleurs, la question n'est pas nouvelle. Elle a été discutée autrefois, tant parmi les juifs que parmi les chrétiens, notamment dans les premiers siècles. Eusèbe de Césarée se serait prononcé dans le sens de quelques échappés du déluge autres que Noé et sa famille, et saint Jérôme, l'auteur de la version canonique de la Bible dans l'Église latine, nous apprend dans ses *Questions hébraïques sur la Genèse*, que de son temps cette question, déjà célèbre, était l'objet de nombreuses controverses. Assez récemment, un savant jésuite, le R.P. Delsaulx, sans adhérer à l'opinion de d'Omalius d'Halloy, ne la repoussait pas toutefois d'une manière absolue, et constatait avec un grand sens que le dogme du péché originel donne à la descendance adamique du genre humain un caractère de certitude que ne saurait avoir celle de sa descendance noachique (2). Enfin, et c'est là le point principal dans la question qu'il nous reste à développer, l'Église ne l'a jamais tranchée dogmatiquement d'une manière formelle (3).

La théorie qui nous occupe n'est, après tout, qu'une extension, un cas particulier de celle que nous avons pré-

(1) *Loc. cit.*, p. 76. — Nous avons vainement parcouru le *Discours sur les révolutions de la surface du globe* sans parvenir à y retrouver l'énonciation que signale M. Lenormant. Il est certain néanmoins qu'elle existe quelque part. Hugues Miller la mentionne dans son ouvrage, *Testimony of the rocks*, où il dit, page 282, que « Cuvier ne regardait pas le déluge comme universel dans le sens propre du mot ; il pensait que les hommes qui sont la souche des races Mongole et Éthiopienne ont pu avoir survécu au déluge aussi bien que Noé et sa famille, mais dans d'autres régions. » Cf. Reusch, *loc. cit.*, p. 344, *ad not.*

(2) *Les derniers écrits philosophiques de M. Tyndall*, p. 41.—Paris, Baltenweck, 1877.

(3) Cf. *Manuel d'histoire ancienne*, etc., t. I, pp. 77 et 79.

sentée comme nous paraissant la plus satisfaisante parmi toutes les théories invoquées pour expliquer le cataclysme diluvien. Si l'on se reporte aux textes de la Genèse sur lesquels est fondée l'opinion de l'universalité *absolue* du déluge, on ne peut s'empêcher de reconnaitre que les motifs permettant de la remplacer par celle de l'universalité *relative* à l'espèce humaine, ont la même valeur pour réduire cette dernière à la masse générale, au noyau principal de l'humanité, réservant l'exception possible de quelques peuplades écartées.

Repassons ces textes :

« L'homme que j'ai créé, dit Jéhova, je l'exterminerai de la surface de la terre, *desuper facies terræ* (Walton), *a facie terræ* (Vulgate). » (*Gen.* VI, 47).

Or, on l'a vu plus haut, il s'agit du sol cultivé, de la terre habitée, *adamah*. Cette terre habitée, *cultivée*, peut fort bien ne s'entendre que des contrées occupées par les hommes policés, réunis en corps de nations, non de déserts lointains parcourus par quelques tribus nomades.

« Et la terre était corrompue devant Dieu... Et Élohîm regarda la terre et voici, elle était corrompue ; car toute chair avait corrompu sa voie sur la terre. » (VI, 11 et 12).

La *terre corrompue*, *toute chair corrompue* sont des métonymies évidentes et signifient l'homme, seul susceptible de corruption morale. C'est en ce sens qu'il faut entendre le passage suivant : « La fin de toute chair est venue devant moi. » (VI, 13).

Il est certain que ces derniers passages n'indiquent aucune exception, en dehors de Noé et des siens, au fait de corruption universelle des hommes, et que ces mots « la fin de toute chair est venue devant moi » semblent, au premier abord, exclure toute espèce de restriction. Cependant, en tenant compte des formes superlatives propres au génie oriental, on peut se poser cette interrogation : si Dieu eût voulu parler seulement de la masse de l'humanité, de la population du monde connu, sans s'occuper de quelques

peuplades écartées dans des contrées désertes et très lointaines, comment se fût-il exprimé ?

Or, la réponse qui se présente d'elle-même, c'est qu'il se fût exprimé ainsi qu'il l'a fait. Il n'avait à parler à Noé que du monde que Noé connaissait ; et, par rapport à ce monde, les formes absolues du langage du Seigneur sont rigoureusement exactes.

Les mêmes observations s'appliquent, avec une force probante égale, à tous les autres textes s'exprimant dans le même sens et avec des expressions superlatives semblables ou analogues.

On pourrait dire encore que, si Dieu eût voulu faire connaître son intention de détruire, en dehors de la famille de Noé, tous les hommes sans aucune sorte d'exception, même au delà du monde connu de Noé et de ses contemporains, il eût ajouté aux indications générales données sur « la terre », « toute chair », « tout homme », des indications spéciales précisant et spécifiant l'absence absolue d'exception.

Des considérations interprétatives de ce genre seraient sans doute inacceptables s'il s'agissait de faits intéressant le dogme, la morale, ou l'histoire religieuse au point de vue exclusif des Hébreux ; en pareil cas, un seul sens peut et doit être adopté : celui qui satisfait à la doctrine de l'Église. Mais la situation n'est pas ici la même. Aucun dogme n'est intéressé à la descendance exclusivement noachique du genre humain : la descendance adamique est seule requise. L'enseignement religieux, résultant du châtiment exemplaire infligé aux hommes pour leur perversité, n'est en rien diminué par l'hypothèse qu'un petit nombre d'individus, appartenant à quelques pauvres tribus sauvages et comme exilées de l'humanité, d'ailleurs entièrement ignorées d'elle, auraient échappé à ce châtiment.

Telles sont les réflexions qui se présentent tout d'abord à l'esprit quand on essaie d'examiner — sans idée préconçue et l'esprit dégagé des habitudes qu'il a pu se faire sur ce

point — l'interprétation de M. Lenormant et des savants sur lesquels il s'appuie. Elles sont d'un ordre en quelque sorte négatif, en ce sens qu'elles donnent seulement les raisons pour lesquelles cette théorie ne serait pas contraire à l'esprit du texte biblique. Nous verrons tout à l'heure les considérations positives que ses partisans invoquent pour en établir la vraisemblance.

Mais auparavant l'impartialité nous oblige de faire connaître la raison la plus grave et la plus forte que les adversaires du système lui opposent. Elle est tirée d'un autre texte, d'un seul, puisé au livre de la Sagesse. Il y est dit, au chapitre x, v. 3 :

« Ab hac (sapientia) ut recessit injustus in ira sua, per iram homicidii fraterni deperiit. »

« Dès que l'injuste dans sa colère se fut séparé d'elle (de la sagesse), il tomba en déchéance par la fureur qui fit de lui un fratricide. »

L'injuste dont il est ici question est évidemment Caïn. Le texte continue au verset suivant :

« *Propter quem*, cum aqua deleret terram, sanavit iterum sapientia, per contemptibile lignum justum gubernans. »

« Lorsque l'eau inonda la terre *à cause de lui*, la sagesse, confiant le Juste à un bois méprisable, sauva encore une fois le monde. »

On tire de ces textes la conclusion que ce sont les crimes de la race de Caïn qui avaient perverti la terre et attiré sur elle le châtiment du déluge. Or, comme les quelques hommes échappés à ce désastre, dans la théorie que nous exposons, seraient précisément des membres de la race caïnique, on en conclut qu'il y aurait une invraisemblance voisine de l'absurde à faire excepter de l'extermination précisément ceux ou partie de ceux qui en avaient été la cause première et principale.

« M. Schœbel, dit M. l'abbé Moigno, dans ses *Splendeurs de la foi* (t. III, p. 1132), est le premier qui ait eu l'idée quelque peu étrange de faire échapper aux eaux du déluge

la descendance de celui qui a été la cause principale du déluge... L'opinion commune est que la dépravation des adamites ou enfants de Seth eut pour origine leur alliance avec les filles caïnites. Que M. Schœbel me permette d'ajouter qu'il est de foi *ou presque de foi* que l'unité de l'espèce humaine est double, adamique à la fois et noachique, qu'il y a par conséquent une certaine témérité à affirmer, surtout sans nécessité ou sans utilité, que certaines races humaines sont antédiluviennes. »

Une autorité comme celle de M. l'abbé Moigno, homme de science autant que de doctrine, érudit, savant et théologien, est évidemment considérable, et il serait téméraire à un modeste laïque de ne pas s'incliner devant une compétence aussi élevée. Mais comme, en cette question, nous nous proposons de ne prendre parti ni dans un sens ni dans l'autre, de nous borner seulement au rôle de rapporteur, il ne nous sera sans doute pas interdit d'indiquer quelle réponse pourrait se présenter à la pensée, en examinant l'objection du docte abbé.

La préservation de la race de Caïn tout entière d'un châtiment qu'elle aurait spécialement attiré sur le monde, constituerait ou paraîtrait constituer une anomalie bien grande, on ne le peut méconnaître; il resterait à examiner en ce cas, si les considérations de fait sur lesquelles on fonderait une telle opinion, seraient assez fortes, assez puissantes par elles-mêmes pour primer celle d'une anomalie en apparence aussi considérable. Mais ce n'est pas ainsi, croyons-nous, que la question se pose. Il ne s'agit pas de la race de Caïn tout entière; mais de quelques tribus, peut-être seulement de quelques familles.

La corruption du monde était un résultat de l'alliance coupable des *fils de Dieu* (1), présumés Séthistes ou descen-

(1) Gen., ch. vi. — 1. Il arriva comme les hommes commencèrent à se multiplier sur la face du sol, que des filles leur naquirent.

Les enfants de Dieu virent les filles de l'homme, qu'elles étaient belles ; alors ils prirent pour femmes parmi elles toutes celles qui leur plurent.

dants de Seth, troisième fils d'Adam, avec les *filles de l'homme* présumées Caïnites. En admettant cette interprétation, l'on n'est pas amené nécessairement à en conclure que le croisement de la race de Caïn avec celle de Seth ou des autres descendances d'Adam (car le père de tous les hommes a pu avoir d'autres fils que Caïn, Abel et Seth), ait été absolument général. Il a pu y échapper, de part et d'autre, quelques sujets. Il ne serait même pas déraisonnable de penser que Noé, sa femme et les femmes de ses fils, étaient issus de familles ayant su résister à l'entraînement général, ce qui aurait été la cause de leur préservation morale, raison elle-même de leur préservation corporelle. Mais de même que, du côté des Séthistes, les ancêtres des Noachides et de leurs femmes n'auraient pas pris part à des alliances réprouvées de Dieu, il serait également admissible que quelques membres de la race caïnite n'eussent pas mêlé leur sang à celui de la race adamique proprement dite. Il n'y aurait plus d'anomalie à ce que *ces quelques membres*, n'ayant pas participé à la faute qui avait été originairement la cause du déluge, aient pu n'être pas soumis aux atteintes de ce châtiment providentiel. La malédiction encourue par leur auteur après le meurtre d'Abel n'en continuait pas moins de peser sur eux, mais seulement dans sa mesure initiale, non pas avec l'aggravation qui s'étendit au mélange des deux races.

On comprendrait ainsi le déluge comme un fléau destiné à purger la terre d'une race métisse, devenue plus particulièrement odieuse aux yeux de Dieu, et qui s'était sans doute étendue, avec le temps, à l'immense majorité du genre humain. En auraient été préservés deux groupes d'hommes échappés à ce mélange de sang réprouvé du Très-Haut : 1° les Noachides, qui devaient compter les Hébreux dans leur descendance et dont Moïse entretient son peuple pour cette raison ; les quelques Caïnites n'ayant pas contaminé le sang adamique, mais que Noé et ses fils ne connaissaient pas, dont ils n'avaient pu, conséquemment,

transmettre le souvenir à leurs descendants, et dont Moïse, dans tous les cas, n'avait pas à parler aux Juifs, le fait étant sans intérêt pour eux.

Telle est, ce nous semble, la réponse que pourraient opposer à l'objection formulée par le vénérable abbé Moigno ceux qui tiendraient pour l'opinion de MM. Schœbel, de Quatrefages, d'Omalius d'Halloy, François Lenormant.

Examinons maintenant les considérations *positives* que font valoir ces savants à l'appui de leur thèse. Nous n'en avons étudié jusqu'ici que les arguments négatifs, ayant pour objet de montrer qu'il n'y aurait pas opposition irréductible entre elle et le texte biblique.

Pour les uns, comme Cuvier, d'Omalius d'Halloy, M. de Quatrefages, les différences constitutives observées de nos jours dans les diverses races de la famille humaine ne peuvent s'être formées et développées que dans une durée beaucoup plus considérable que celle qui s'est écoulée depuis l'époque communément assignée au déluge. A cet argument le R. P. Delsaulx répond assez judicieusement que, modification pour modification dans les interprétations précédemment admises, il serait plus simple de se borner à celle qui reculerait autant qu'il serait nécessaire la date du déluge, aucune certitude n'existant dans la chronologie antérieure à la vocation d'Abraham.

D'autres pensent, avec M. Schœbel, que certains indices, que l'on peut relever en pesant, dans les premiers chapitres de la Genèse, tous les mots avec soin, permettent de croire que Moïse n'a pas eu l'intention de dépeindre le cataclysme comme absolument universel : car, toutes les fois qu'il parle de l'humanité engloutie par le déluge, il emploie toujours le mot *adamah*. Or nous avons vu précédemment (VII) que M. François Lenormant le comprend dans le sens du sol cultivé, *terre habitée* ; cette signification ne serait point exclusive de celle-ci que lui attribue M. Schœbel : *humanité adamique*, et le mot employé par Moïse signifierait,

suivant le contexte, soit *la terre* ou *le sol de la terre habitée par la descendance d'Adam* ou de Seth, soit cette race, cette descendance elle-même. Or la race de Caïn, d'après le même auteur, maudite de Dieu, « vivant et se propageant séparément de la race de Seth, tant par l'espace, que par la religion et les mœurs, » n'était plus dans l'unité adamique : elle formait un peuple, une société, une humanité en quelque sorte, différente du peuple ou de l'humanité séthiste. Celle-ci comprend toutes les races rouges, blanches, etc., autres que les différentes branches de la race nègre. Quant à cette dernière, au front déprimé, au nez épaté, aux lèvres épaisses et saillantes, l'ensemble de ces traits caractéristiques constituerait le signe que Dieu imposa à Caïn, son auteur, au moment où le fratricide sortit de la présence de Jéhova pour aller s'établir dans la terre d'exil (1). Or quand Moïse veut désigner la portion de la terre habitée par les Caïnites, il se servirait du mot *haretz*. Maudit et chassé de la terre destinée aux descendants d'Adam, *adamah*, Caïn devient fugitif sur le globe, *haretz* (2). Un fils né à Adam en substitution d'Abel, Seth, adore Jéhova, et sa descendance se répand sur la terre adamique, *adamah*. C'est l'excès de la corruption et de la perversité des enfants de Jéhova, des descendants de Seth qui invoquaient le nom de Dieu (3), de la race élue en un mot, qui provoque la colère de Dieu et décide le souverain au-

(1)... Et Jéhova imposa à Caïn un signe pour que quiconque l'atteindrait ne le tuât pas. Et Caïn sortit de la présence de Jéhova, et il s'établit dans la terre de Nôd à l'orient d'Éden. (Gen. IV, 15 et 16).

(2) Nous avons vu (VI, *ad not.*) que le mot *haretz* signifie terre, à la fois avec l'acception la plus large et avec l'acception la plus restreinte de l'idée. C'est généralement ce mot qu'emploie la Bible quand elle veut désigner l'ensemble ou la partie principale du globe terrestre.

(3) Ex Seth natus est filius quem vocavit Enos : *iste cœpit invocare nomen Domini.*

Et à Seth à son tour il naquit un fils, et il l'appela de son nom Enos. *Alors on commença à invoquer par le nom de Jéhova.*

Gen. IV, 26.

teur de toutes choses à la détruire par un déluge engloutissant la terre adamique, leur séjour. La race caïnite qui demeurait hors de là, dans quelque région lointaine du globe, *haretz*, a pu ainsi échapper en partie au désastre (1).

Enfin, pour M. Lenormant, la considération très importante qui milite en faveur de la préservation du châtiment diluvien étendue à d'autres hommes que les Noachides, c'est l'absence absolue, dans une seule des races humaines, de toute tradition, de toute trace de tradition ou de souvenir relativement au déluge. Subsidiairement, il fait remarquer que, dans la généalogie des principaux descendants de Caïn, Moïse parle des descendants de ceux-ci au présent. Ainsi Jabel, fils de Lamech et de Adah, est « le père des pasteurs et de ceux QUI HABITENT sous les tentes, *habitantium in tentoriis.* » Jabal, son frère, est, « le père de tous ceux QUI JOUENT le kinnor et la flûte, *canentium* cithara et organo. » La construction de la phrase hébraïque, dit M. Lenormant, est telle qu'elle indique le présent, « ceux qui habitent, ceux qui jouent » au moment où l'auteur écrit.

D'après le *Manuel d'histoire ancienne de l'Orient*, la descendance de Sem, de Cham et de Japhet ne comprend qu'une seule des grandes races humaines, la race blanche ou caucasique dans ses trois divisions principales : sémitique, chamitique et indo-européenne. Des trois autres races, rouge, jaune et noire, il n'est pas question dans l'énumération des peuples issus de Noé. Pourquoi ? La réponse n'est point malaisée en ce qui concerne les Chinois au teint jaune et les peuples à la peau cuivrée qui habitent l'Amérique. Ni les Israélites, ni les Égyptiens, au temps de Moïse, ne connaissaient ces deux races, et il n'y avait au-

(1) M. Schœbel explique ainsi comment certaines traditions très antiques désignent quelques peuplades comme antédiluviennes, et prétendent, suivant Diodore de Sicile et le *Timée*, que le midi de l'Égypte n'aurait pas été atteint par le déluge. (Cf. Moigno, *l, c.* p. 1132).

cune espèce d'intérêt spirituel ou religieux, ou politique, ou autre, à ce que les Hébreux fussent informés de l'existence de ces peuples et de leurs agissements. Si l'on se demande d'où ils provenaient, il n'est pas interdit de supposer que Noé ait pu avoir, après la sortie de l'Arche, d'autres enfants que Sem, Cham et Japhet, et que les races jaune et rouge seraient issues de ces fils de Noé dont l'Écriture ne parle point.

On n'en saurait dire autant de la race noire. Les nègres étaient, au temps de Moïse, très nombreux en Égypte, ramenés par milliers captifs par les pharaons, à la suite de leurs expéditions guerrières. Moïse et les Israélites les connaissaient donc parfaitement, et, s'il n'en est pas parlé dans l'énumération des descendants des trois fils de Noé, ce ne saurait être oubli ou ignorance, mais intention bien marquée. En l'absence de la théorie que nous cherchons, rapporteur désintéressé et sans parti pris, à faire connaître, cette omission reste inexpliquée. Elle se comprend de la manière la plus simple et la plus naturelle, si l'on admet que quelques familles ou quelques tribus échappées au déluge, grâce à leur éloignement des contrées atteintes par la catastrophe, sont les ancêtres de ces nègres qu'avaient connus les Israélites en Égypte et qui, ne descendant pas de Noé, ne pouvaient figurer dans ce tableau de la descendance des enfants de Noé.

Nous nous abstiendrons, comme nous l'avons dit, de toute appréciation sur cette théorie qui, si elle contient quelque chose de vrai, n'en va pas moins à l'encontre de toutes les idées reçues jusqu'ici en cette matière. Mais, sans prendre parti à son sujet, nous pouvons bien constater qu'elle compte, à l'actif de ses partisans, des considérations graves et qui méritent un examen sérieux. Quelle que soit l'issue finale des débats qui pourront s'élever à ce propos, il est permis d'espérer qu'il en résultera un nouveau jour, de nouvelles lumières sur des questions aussi remplies d'intérêt que restées obscures jusqu'à présent.

XIII.

Résumé et conclusion.

Résumons à grands traits les données développées, trop longuement peut-être, dans les pages qui précèdent.

Le déluge de Noé est un grand fait des annales de l'humanité, et la critique historique ne saurait, sans se mentir à elle-même, le révoquer en doute. Le récit de la Bible ne fait ici que donner le thème vrai des traditions sur lesquelles les différentes races, les différents peuples ont brodé des détails plus ou moins poétiques et fabuleux.

Les connaissances géologiques du jour ne corroborent pas directement et spécialement ce fait que nous fournit l'histoire, mais elles ne l'infirment pas non plus. Bien loin de là, elles prouvent d'une manière irréfutable que les eaux, tant atmosphériques que marines ou fluviales, ont rempli un rôle considérable pendant toute la durée de la période quaternaire aux débuts de laquelle paraît remonter la création de l'homme ; qu'une grande partie des continents et terres aujourd'hui émergés de notre hémisphère ont été sous les eaux pendant cette période ; et que des restes humains ou des débris d'industrie primitive, mêlés aux ossements d'animaux éteints dans les brèches osseuses, les cavernes à ossements et les couches du diluvium, prouvent que l'homme, qui a été contemporain de ces espèces aujourd'hui disparues, a pu être détruit avec elles par l'effet de grandes inondations.

De telle sorte que, prouvé historiquement, le fait du déluge de Noé trouve dans la géologie de grandes probabilités et la vraisemblance, sinon des preuves proprement dites et directes.

En cet état, diverses théories ou systèmes explicatifs sont proposés pour donner la clef d'une partie au moins

des énigmes historiques ou physiques dont ce grand fait reste entouré.

La première et la plus ancienne consiste à expliquer toutes choses, le fait lui-même dans son origine comme dans ses développements successifs et les circonstances qui s'y rattachent, par autant de miracles : miracle de la prédiction faite par Dieu à Noé ; miracle de la réunion autour de Noé de tous les animaux existant sur la terre pour être embarqués dans l'Arche ; miracle de la pluie de quarante jours, pluie mystérieuse et alimentée par des eaux créées ou formées *ad hoc*, ou empruntées aux espaces interplanétaires ; miracle de la disparition ou de la destruction de ces eaux pour exonder la terre à la fin de la catastrophe. Cette explication à coups de miracles est en effet fort simple et n'est point au-dessus, c'est évident, de la puissance divine ; mais elle semble peu digne de sa sagesse et de la manière habituelle d'opérer de la Providence. Comme le remarque Pianciani, la parole divine serait ainsi exposée aux moqueries des savants, ce que, comme saint Augustin et saint Thomas en avertissent, il faut éviter avec le plus grand soin (1).

Sans méconnaître le caractère providentiel et miraculeux du déluge dans son but, dans ses effets par rapport à l'humanité, et dans l'annonce qui en a été faite par révélation divine à Noé, longtemps à l'avance, pour qu'il pût s'y soustraire lui et sa famille, on peut aussi expliquer le déluge par diverses hypothèses sur le fonctionnement des agents naturels.

Ceux de ces divers modes d'explication qui peuvent être scientifiquement pris en considération, tout en paraissant ne soulever aucune objection sérieuse au point de vue de l'exégèse sacrée, sont au nombre de quatre.

Le soulèvement brusque des montagnes que les géologues considèrent comme les plus récemment formées, les Andes,

(1) Pianciani, *Cosmogonia*, p. 551, Cf. Henri Reusch, *l. c.*, p. 391 *ad not.*

le massif principal des Alpes ou l'Himalaya, aurait amené une perturbation telle à la surface du globe, que les eaux de l'Océan, soulevées et soumises à une évaporation violente, auraient fait irruption sur les terres qu'elles auraient partout recouvertes en escaladant jusqu'aux sommets les plus élevés. Ainsi présenté, le soulèvement des montagnes, cause directe de l'inondation qui les aurait elles-mêmes submergées, se heurte à d'insurmontables difficultés.

Un déplacement de l'axe terrestre plus ou moins prompt, aurait eu pour effet de vider en quelque sorte le fond des océans comme un immense vase sur les continents, et de produire ainsi une barre gigantesque qui aurait fait le tour du globe en surmontant les plus hautes montagnes. Quelle aurait pu être la cause de ce brusque déplacement? On a répondu par le choc d'une comète, hypothèse, qui n'a pas été admise. Plus récemment, il a été à peu près démontré mathématiquement que les modifications de l'écorce terrestre qui ont édifié les montagnes n'avaient pu se produire sans modifier les conditions d'équilibre du sphéroïde, et que des changements dans la valeur de l'angle d'inclinaison de son axe sur le plan de l'écliptique en avaient été la conséquence nécessaire. En ce sens, le soulèvement des plus récents systèmes orographiques aurait pu, par le déplacement ainsi apporté à l'axe terrestre, être la cause médiate de la grande inondation.

Si l'on admet, ce qui est licite, que l'expression de « au-dessus des plus hautes montagnes » est métaphorique et peut ne pas être prise au pied de la lettre, il en résulte une facilité beaucoup plus grande. A l'aide de cette interprétation, M. l'abbé Lambert voit, dans les couches du diluvium, les traces du déluge de Noé, lequel aurait été successif et ne se serait élevé qu'à une hauteur peu considérable, mais suffisante pour atteindre tous les hommes : l'inondation dont Noé et sa famille auraient été préservés au moyen de l'Arche, serait ainsi le dernier épisode d'un déluge universo-partiel et successif. Ce système semble manquer un peu de

logique, la Bible ne parlant que d'un déluge dont Noé aurait été informé longtemps d'avance et aurait vu le commencement et la fin. Les inondations qui auraient pu le précéder ne lui seraient point corrélatives, et ne paraissent guère pouvoir lui être réunies en un seul événement.

Nous ne rappellerons guère que pour mémoire la théorie diluvienne de M. de Chambrun de Rosemont, qui repose sur une généralisation non justifiée et qui, d'ailleurs, ne s'adapterait pas aux principales circonstances de l'événement.

Une quatrième explication, qui parait répondre à toutes les difficultés de l'ordre physique, consiste à ne considérer le déluge comme universel que par rapport à l'humanité, qu'il aurait bien détruite tout entière, mais en se circonscrivant à la région du globe alors occupée par elle. Des rameaux détachés du tronc principal et bientôt tombés dans la dégradation et la sauvagerie, auraient été, plus ou moins longtemps auparavant, détruits par les nombreuses inondations partielles et locales des divers âges quaternaires, et ce serait d'eux que proviendraient les restes humains ou d'industrie humaine que l'on retrouve dans les diverses couches du diluvium. Mais le déluge de Noé n'aurait pas montré de ses traces jusqu'ici, soit que les contrées qui en ont été le théâtre n'aient pas encore été suffisamment explorées, soit même que la plus grande partie de leur étendue soit restée ensevelie au fond de l'Océan.

Dans cette théorie, le fait matériel du déluge pourrait s'expliquer comme étant le dernier des nombreux phénomènes de soulèvement et d'affaissement qui ont signalé l'époque quaternaire. Mais aussi la cause de ce mouvement important sur un fragment considérable de l'écorce du globe pourrait se rattacher à l'un de ces déplacements de l'axe terrestre invoqués dans le second des systèmes d'explication ici résumés.

Un changement proportionné dans les conditions climatériques et météorologiques du globe aurait été la conséquence de cette dernière perturbation, et de ce changement

serait résulté, parmi les effets visibles à l'œil, la formation de l'arc-en-ciel sur le firmament ; et ainsi s'expliquerait d'une manière particulièrement rationnelle que Dieu en ait fait le signe et comme le sceau de son pacte avec l'humanité noachique.

Ce quatrième mode d'explication coupe court à toute difficulté plus ou moins spécieuse que l'on a pu élever, à propos de la réunion et de l'introduction dans l'Arche des animaux de tout l'univers. Les animaux dont il est question sont seulement ceux que connaissait Noé et qui étaient ou pouvaient être d'une utilité quelconque pour l'homme, principalement les animaux domestiques.

En outre de ces quatre théories, il en est une cinquième, laquelle n'est à vrai dire qu'une extension de la quatrième, mais renverse des idées tellement accréditées jusqu'à ce jour qu'il paraît prudent de réserver, jusqu'à plus ample informé, tout jugement et toute appréciation en ce qui la concerne. Elle consiste à ne faire porter l'universalité du déluge que sur le noyau principal de l'humanité, sur la descendance de Seth tout entière, les Noachides exceptés, mais sur une partie seulement de la race caïnite dont quelques familles ou quelques tribus, très éloignées de la région du globe envahie par les eaux du déluge, auraient échappé à la catastrophe. Les défenseurs de ce système soutiennent, par des arguments et des considérations qui ne sont pas sans valeur, qu'il n'est contraire à aucun point de la doctrine catholique, et qu'il paraît ressortir même d'un examen attentif et mot par mot de certains passages du récit de Moïse. Il aurait l'avantage de fournir l'explication de certains faits ethnologiques qui, en dehors de lui, restent difficiles à comprendre.

En tout état de cause, il nous paraît ressortir de l'ensemble de cette étude qu'il ne peut y avoir, pour un esprit sincère et sans parti préconçu, aucune difficulté entre la science et la foi dans la question du déluge. Quelle que soit,

des différentes théories que nous avons exposées, celle qui se rapproche le plus de la vérité, ce grand point reste toujours acquis que, si les sciences physiques ne fournissent pas de preuve directe et matérielle du déluge de Noé, elles montrent du moins qu'il rentre dans la catégorie des phénomènes qui ont marqué, aux premiers âges de l'humanité, les dernières transformations du globe. Il est donc géologiquement possible et vraisemblable ; il est de plus historiquement certain. Aucun doute, aucune difficulté grave ne peut donc subsister à son sujet devant la loyauté et la bonne foi.

JEAN D'ESTIENNE.

L'EUCALYPTUS, LA MALARIA

ET LES

CHEMINS DE FER ITALIENS.

Il n'est personne qui ne connaisse, au moins de nom, ce genre botanique de la famille des Myrtacées, originaire de l'Australie et qu'on appelle *Eucalyptus*.

On sait comment il fut découvert pour la première fois. La Billardière envoyé, en 1792, avec le chevalier d'Entrecasteaux, à la tête des navires la *Recherche* et l'*Espérance*, pour découvrir les traces de l'illustre et malheureux La Pérouse, longeait les côtes de la Tasmanie ou Terre de Van Diemen, cette grande île située au sud de la pointe la plus méridionale de la Nouvelle-Hollande, par 42° de latitude australe et 144° de longitude est du méridien de Paris. Frappé de l'aspect singulier des forêts qu'il entrevoyait à terre, il se fit débarquer et se trouva bientôt au milieu d'un massif d'arbres gigantesques, dont il ne put apercevoir la floraison sur les cimes qu'au moyen d'une longue vue ; quelques coups de carabine habilement dirigés lui permirent d'en détacher des rameaux en fleurs. Ces arbres géants étaient des *Eucalyptus*.

Ce nouveau genre botanique fut introduit en Europe, mais seulement à titre de curiosité scientifique, et resta ignoré dans quelques jardins d'étude. Ce n'est qu'à partir de 1856 que, découvert en quelque sorte de nouveau dans le Jardin colonial de Melbourne par un membre zélé de la Société d'acclimatation, M. Ramel, il fut, — grâce à ses soins diligents puissamment secondés par M. le baron von Mueller, créateur et directeur de ce jardin, — introduit pratiquement en Europe et sur tous les points du globe où il parut susceptible de prospérer : Égypte, Algérie, Sénégal, Réunion, Le Cap, Brésil, etc.

Tous les efforts tentés jusqu'ici pour acclimater ce nouveau genre arborescent en Europe ont échoué au delà des régions voisines du littoral méditerranéen. En France, il ne dépasse guère les latitudes de Nice et de la Provence (43° à 44° au plus). Mais en Corse, en Algérie, en Italie, en Espagne, en Portugal, il réussit parfaitement et semble destiné à rendre, dans ces contrées, des services considérables.

Les espèces de ce genre sont nombreuses : on n'en compte pas moins de 150 sur le continent et les diverses îles de l'Australie, et la célèbre maison Vilmorin-Andrieux, de Paris, en décrit ou en mentionne déjà dans ses catalogues pour la vente des graines, plus de soixante-dix. La plus connue est celle qui a pour nom vulgaire *gommier bleu* de Tasmanie, en anglais *blue-gum*. Son nom botanique, *Eucalyptus globulus* est plus répandu en Europe. Nous nous bornerons à la décrire, ses caractères essentiels se retrouvant plus ou moins — sauf pour quelques variétés frutescentes ou arbustives — dans la plupart des autres espèces.

La fleur, dont la forme des boutons, bien que carrés à la base, mais arrondis au sommet, a, dit-on, donné son nom à l'espèce, offre les caractères des Myrtacées à la famille desquelles elle appartient : calice adhérent, portant cinq pétales blancs à préfloraison imbriquée, étamines indéfinies.

Elle exhale une odeur suave, et les abeilles y puisent, dit-on, un miel exquis. Le fruit mûrit dans l'année même de la floraison, vers la fin de l'été ; il est glauque, aromatique, à quatre loges contenant des graines petites, noires, anguleuses, légères, dépourvues de périsperme albumineux et ressemblant assez à des graines d'oignon.

Les feuilles sont persistantes, oblongues ; leur forme est celle d'un cœur, à pointe allongée ; leur teinte est d'un vert bleuâtre ; elles sont coriaces, spéculaires, sessiles et sensiblement opposées sur les jeunes sujets. A mesure que la croissance s'accomplit, elles passent peu à peu à l'alternance qui est leur disposition définitive, et en même temps elles se munissent de longs pétioles, au moyen desquels elles pendent aux rameaux dans le sens de la verticale. A vrai dire, ce pétiole n'est qu'un rétrécissement de la feuille, ou mieux la feuille elle-même n'est qu'un simple pétiole très dilaté à une certaine distance de son point d'attache, présentant une organisation uniforme sur ses deux faces, en un mot ce qu'on nomme en physiologie végétale un *phyllode*. Ces feuilles ou phyllodes sont parsemées de glandes contenant une huile essentielle qui répand une odeur balsamique, pénétrante et non dépourvue d'analogie avec celle qui émane des pins et des sapins.

L'arbre, à l'état adulte, offre une tige lisse et droite pouvant s'élever à une grande hauteur, soixante, soixante-dix mètres, quelquefois même cent mètres, dont trente mètres sous branches, avec une cime ample dont les rameaux sont opposés deux à deux et légèrement retombants.

Les jeunes tiges et les rameaux ont la partie supérieure en forme de prisme à quatre pans, dont les arêtes se tordent en un ou deux tours de spire peu accentués. A mesure que le jeune sujet se développe en arbre et les rameaux en branches, ces arêtes disparaissent pour faire place à la forme cylindrique. A l'état adulte, l'écorce des Eucalyptus se détache annuellement par plaques comme celle de nos platanes.

La croissance des Eucalyptus est extraordinairement rapide, surtout dans les premières années. De jeunes plants d'un an, élevés en pépinière et transplantés avec soin dans une terre fraîche et profondément ameublie, peuvent grandir de un demi-mètre par mois. On cite, dans les jardins du prince Aldobrandini, à Rome, un Eucalyptus globulus planté en 1866, le premier sans doute qui ait été introduit dans cette ville, sinon en Italie, et qui, âgé seulement de seize ans, mesure plus de 20 mètres de hauteur, et $0^m,70$ de diamètre ou, plus exactement, $1^m,80$ de circonférence, à la base. Un *E. amygdalina*, âgé seulement de dix ou onze ans, chez le prince Troubeskoï près d'Intra, province de Novare (1), atteint à peu près les mêmes dimensions (20^m en hauteur et $1^m,60$ de circonférence); cette espèce est du reste la seule qui, dans la haute Italie, ait résisté aux rigueurs de l'hiver de 1879-1880. Dans le jardin de l'ancien palais épiscopal de Messine, on voit un autre Eucalyptus, un globulus âgé de onze ans, qui ne s'élève pas à moins de 22 mètres avec un pourtour de deux mètres (soit $0^m,67$ de diamètre) (2). Lors de l'exposition universelle de 1878, on voyait, dans la section algérienne, des vues photographiques représentant le résultat de récentes plantations d'Eucalyptus dans notre colonie d'Afrique : l'un d'eux, âgé alors de onze ans et planté à Bab-Ali, entre Alger et Oran, mesurait 25 mètres de hauteur, avec une grosseur de tige et un développement de cime en proportion de cette stature.

A Larba, près d'Alger, une allée bordée d'Eucalyptus

(1) Intra est situé sur la rive occidentale du lac Majeur par 45° 57′ de latitude. – C'est à peu près la même latitude qu'Annecy, Trévoux, Riom, localités où aucun Eucalyptus, probablement, ne serait à l'abri des mortels effets de la gelée. Intra et la haute Italie doivent sans doute ce privilège à leur position au sud du massif des Alpes centrales, qui les abrite contre les influences septentrionales.

(2) Les données et renseignements relatifs aux Eucalyptus plantés en Italie ont été puisés dans un important article de la revue italienne *Nuova Revista forestale*, traduit par la *Revue des eaux et forêts*, nos de juillet et août 1881.

de sept ans formait un rideau aussi élevé et aussi complet que l'aurait pu faire, douze ou quatorze degrés plus au nord, une plantation d'essences ordinaires âgée de 30 ans. Des spécimens vivants de jeunes plants de diverses variétés d'Eucalyptus, plantés près du palais algérien, donnaient aux visiteurs de la dernière exposition universelle de Paris un aperçu de l'étonnante rapidité de croissance du nouveau genre arborescent : tous ces plants, qui ne dépassaient pas deux à trois ans d'âge, mesuraient $2^m,50$ à 3^m de hauteur (1).

I.

Propriétés assainissantes des Eucalyptus.

La question qui se présente d'elle-même à l'esprit, en présence d'une vigueur de végétation aussi extraordinaire, est de savoir quelles peuvent bien être les qualités d'un bois qui demande au temps une coopération aussi faible dans l'élaboration de ses tissus. Là n'est pas toutefois le point de vue principal auquel nous nous plaçons dans cette étude. Sans faire remarquer, quant à présent, que la qualité des bois n'est pas toujours proportionelle à la lenteur de leur croissance,—le bois du platane, par exemple, ayant, comme bois de travail et de feu, toutes les qualités de celui du hêtre bien qu'il croisse avec une rapidité double, — nous attirerons l'attention sur une autre propriété, non moins précieuse, et même beaucoup plus précieuse, que possèdent les nombreuses variétés de l'Eucalyptus. Nous voulons parler d'une capacité exceptionnelle d'absorption, par les racines, de l'humidité contenue dans le sol, et d'une force correspondante d'élimination, par les feuilles, de cette même

(1) Cf. *Revue des eaux et forêts*, année 1879 ; *La Sylviculture à l'Exposition universelle.*

humidité. D'où le privilège, pour les arbres de ce genre, de constituer un puissant agent d'assainissement des terrains marécageux. On assure aussi que les éléments balsamiques, les huiles essentielles et autres principes antiseptiques contenus dans les feuilles et dans l'écorce, neutraliseraient l'influence des miasmes paludéens et communiqueraient ainsi, à ces organes et parties de la plante, des propriétés fébrifruges remarquables. Toutefois ces derniers points ne sont peut-être pas encore établis avec la même évidence que le précédent.

Quant à celui-ci, il est acquis aussi bien par les expériences de laboratoire que par la grande expérience de la pratique. La propriété d'absorption et d'élimination de l'humidité a été mise théoriquement en évidence par les procédés suivants qui, pour n'être pas très récents, n'en sont pas moins concluants.

Au mois de juin 1867, M. Trottier, un colon algérien, mit d'abord une branche d'Eucalyptus à tremper par sa partie inférieure dans un vase plein d'eau, le tout étant déposé dans une pièce close et voûtée : au bout de cinq jours, le vase était vide d'eau et les feuilles flétries. Un mois plus tard, l'expérience fut renouvelée dans des conditions plus minutieuses, et en plein air. Une branche d'Eucalyptus pesant 800 grammes fut immergée par son extrémité inférieure dans un vase plein d'un poids d'eau déterminé, profond de 30 centimètres et large de 16 à son ouverture ; il était six heures du matin, le soleil donnait et la température s'éleva dans la journée à 43°. A six heures du soir, le vase avait perdu 2, 6 kilogrammes d'eau, et la branche avait gagné 25 grammes ; elle en pesait 825.

Mais pour apprécier la part de l'évaporation directe dans la déperdition de l'eau, un second vase avait été placé à côté du premier, présentant la même capacité et la même surface d'évaporation, mais ne contenant pas de branche, ni aucun fragment végétal : ce second vase perdit seulement 208 grammes d'eau. Par conséquent la quantité d'eau

aspirée, puis éliminée, par le rameau d'Eucalyptus avait été de $2^k,600 - (0^k,025 + 0,208) = 2^k,367$. Autrement dit, le rameau avait absorbé $2^k,392$ ou trois fois son poids d'eau, et en avait éliminé presque autant, soit $2^k,367$ (1).

Une autre épreuve a été faite par M. Carlotti, d'Ajaccio. Il mit 25 kilogrammes de feuilles vertes d'Eucalyptus en macération dans 22 litres d'eau. Au bout de vingt-quatre heures, les feuilles ayant été retirées du récipient et celui-ci jaugé à nouveau, son contenu d'eau s'était trouvé augmenté d'un litre et demi, surcroît qui ne pouvait provenir que de l'eau de végétation abandonnée par les feuilles (2).

Mais les expériences théoriques n'ont guère qu'une valeur conjecturale, tant qu'elles n'ont pas été confirmées par la pratique. Or ici l'expérience pratique est plus concluante encore.

Il y a une dixaine d'années, dans trois propriétés des environs de Constantine (le moulin de la Maison-Carrée, la ferme de Ben-Machydlin et l'usine du Gué), les effluves pestilentiels de marais avoisinants rendaient le séjour morbide et même mortel pendant une partie de l'année. Le propriétaire, M. Saulière, fit alors exécuter, aux abords des lieux ainsi infestés, d'importantes plantations d'Eucalyptus, et peu d'années après, quatre ou cinq au plus, toute trace d'influence morbide avait disparu (3). Nous citons là un fait entre cent. Aujourd'hui toute l'Algérie connaît cette bienfaisante et précieuse influence, et partout où les terres à fond marécageux ont pu être plantées en Eucalyptus, elles se sont asséchées et les miasmes paludéens ont cessé de s'y faire sentir. On ne s'en est pas tenu là : on a fait aussi des plantations d'Eucalyptus le long des voies ferrées de la colonie française de l'Afrique septentrionale, et les particuliers plantent, dit-on, par centaines de mille le *globulus* dans un but économique ; son bois, comme

(1) *L'Eucalyptus, son introduction, sa culture* etc., par C. Raveret-Wattel, secrétaire de la Société d'acclimatation, 1875, Paris, Goin.

(2) Ibid.

(3) Ibid.

celui de plusieurs de ses congénères, fournissant, paraît-il, d'excellentes traverses de chemins de fer.

Arrivons à l'Italie où nous trouverons un exemple éclatant de ce fait considérable.

Dans les États de l'Église, à quelques kilomètres de Rome, il existe une abbaye de trappistes du nom de Trois-Fontaines, fondée seulement en 1868. A cette époque la malaria régnait en souveraine en cette région tout imprégnée d'eaux stagnantes et sans écoulement. Nul ne pouvait y vivre. Quelques hectares de cette contrée déshéritée furent concédés aux moines. Dès 1869, ces « ennemis du progrès et de la civilisation moderne » se mirent courageusement à l'œuvre pour creuser des fossés d'écoulement là où la disposition du terrain le permettait, mais surtout pour planter des Eucalyptus. Telle était l'intensité du fléau que, pendant les trois ou quatre premières années, ils durent aller passer les nuits à Rome, coucher sur les lieux étant alors le gage d'une mort certaine, et que, malgré cette précaution, douze d'entre eux, pendant ces années du début de l'opération, succombèrent aux fièvres puludéennes. Des travailleurs choisis parmi cette classe de gens qui prétendent au monopole exclusif de l'amour de l'humanité se fussent bien vite rebutés, si tant est qu'ils eussent seulement essayé une œuvre aussi périlleuse. Les moines, comme le soldat devant le feu de l'ennemi, savent mourir au danger mais non pas reculer. Les survivants continuèrent les plantations. Les bons effets ne se firent pas attendre. L'évidence fut si grande que la révolution elle-même recula devant la suppression totale des trappistes de Trois-Fontaines, qui cessèrent bien d'être des religieux aux yeux du nouveau gouvernement, mais purent continuer leur œuvre régénératrice en tant que Société agricole. « Les hommes sont les mêmes, écrit la *Revista forestale*, ils travaillent avec le même zèle, avec la même abnégation, et, disons-le à leur honneur, avec un succès toujours croissant dont les effets ne sont pas limités au petit domaine qu'ils occupent. »

Une concession de 400 hectares leur fut faite, à titre

d'emphytéose perpétuelle, en 1874, année pendant laquelle ils purent, grâce à l'assainissement déjà considérable réalisé autour de leur monastère, commencer à l'habiter à poste fixe. La condition du bail fut qu'ils planteraient cent mille Eucalyptus en dix ans. Non seulement ils ont constamment fait honneur à leur engagement, mais ils ont en outre fait de nombreux essais sur de nouvelles variétés.

L'hostilité, cependant, l'opposition ne leur manquèrent pas. C'est là,du reste, le cachet des œuvres vraiment utiles et durables : il faut qu'elles reçoivent à leurs débuts la consécration des difficultés injustement suscitées, de je ne sais quelle malveillance, mêlée sans doute de dépit et d'envie, qui s'attache à toute œuvre de bien naissante, comme le vautour à une proie. Il semble qu'il y ait là comme une loi providentielle.

Une opposition ardente s'éleva donc contre l'extension sur une grande échelle des plantations confiées aux trappistes. On objectait, contre l'éclatant succès obtenu en si peu d'années à Trois-Fontaines, qu'il s'expliquait par la disposition particulière des lieux formant une vallée étroite et abritée contre les vents, ainsi que par leur faible étendue qui avait permis aux moines d'apporter à un petit nombre de plants des soins minutieux impossibles à appliquer en grand. Les moines, sans s'émouvoir, insouciants des bruits du dehors, continuèrent leurs labeurs, et l'hiver de 1879-1880, qui sévit aussi à sa manière sous le beau ciel de l'Italie, se chargea de mettre à néant les griefs de la malveillance.

En cet hiver mémorable le thernomètre descendit, chose inouïe dans la campagne romaine, à 8 degrés *au-dessous* de zéro. Des Eucalyptus de tous âges et de diverses espèces, mais où dominait le globulus, étaient plantés et dans le fond de la vallée et sur le haut de ses versants. Les plus jeunes, de un à trois ans, *gelèrent dans le fond*, à l'abri du vent, et *résistèrent sur les hauteurs*, bien qu'exposés à tous les vents.

Quant aux plants plus âgés, en bas ou en haut, ils firent bonne contenance,et ceux de dix ans ne sourcillèrent même

pas. Il n'en était que mieux démontré que le succès des plantations d'Eucalyptus était indépendant de la disposition des lieux en vallée étroite et garantie du vent, puisqu'elles avaient été poursuivies en dehors et au-dessus de cette vallée, et y avaient mieux résisté aux intempéries que dans la vallée même. Le peu d'importance du reste des dégâts éprouvés par elles pendant un hiver aussi exceptionnellement froid devenait, par contre, une épreuve décisive en leur faveur. Aussi les moines résolurent-ils de planter 20 000 Eucalyptus au lieu 10 000 pendant la campagne suivante, et de porter même ce nombre à 30 000 dans le cas de retour d'un hiver pareil. Quoi qu'il arrive désormais, le succès ne saurait être douteux.

Parmi les variétés plantées seulement à titre d'essai, plus d'une, il faut le dire, n'a pas résisté au froid ; mais beaucoup d'autres ont vaillamment soutenu ses attaques, et parmi elles on cite les *E. resinifera*, *rostrata* (1), *urnigera* (2), *viminalis* (3).

(1) L'*E. resinifera*, du Queensland et de la Nouvelle-Galles-du Sud, est un grand arbre dont l'écorce ne se detache point par plaques *le long de la tige* comme celle de l'E. globulus, mais seulement sur les jeunes branches. La rapidité de sa croissance ne le céderait pas à celle de ce dernier, et mieux que lui, d'après M. Trottier, il résisterait aux grands vents et à la sécheresse.

L'*E. rostrata* au contraire serait plus particulièrement l'arbre des terrains humides. Exclusivement indigène du continent australien, il se rencontre surtout sur le bord des rivières ; et quand, exceptionnellement, on le trouve dans les plaines arides, c'est un indice certain de la présence de petits cours d'eau, plus ou moins désséchés à la surface, mais entretenant toujours une certaine humidité dans l'intérieur du sol.

Ces deux Eucalyptus, avec plusieurs autres du reste (*E.tereticornis, amygdalina, odorata, melliodora, stuartiana* et *calophylla*) sont désignés en Australie par l'appellation vulgaire de *red-gum*, c'est-à-dire *gommier rouge*, bien que toutes ces espèces soient nettement séparées entre elles.

(Cf. Raveret-Wattel, *loc. cit.*, pp. 23, 40, 53.)

(2) Nous manquons de données sur l'*E. urnigera*, si ce n'est que la maison Vilmorin-Andrieux le désigne, avec les *E. Gunnii* et *coriacea*, comme étant au nombre des espèces les mieux prédisposées à la résistance aux gelées. Ses dimensions du reste seraient modestes et obligeraient à le classer plutôt parmi les arbrisseaux ou les arbustes que parmi les arbres proprement dits.

(3) L'*E. viminalis*, gommier blanc (*white-gum*), gommier des marais

Quoi qu'il en soit, c'est l'Ecalyptus globulus, qui paraît jusqu'ici répondre le mieux, aux espérances fondées sur le genre. On compte qu'un millier d'arbres de cette espèce, répartis sur la surface relativement énorme de dix hectares, (soit 100 arbres à l'hectare ou 1 arbre par are), suffisent pour dessécher en peu de jours un terrain mouilleux, ou pour paralyser les effets d'une pluie violente, tant est grande la quantité d'eau absorbée puis éliminée par eux.

II.

La malaria, ses conséquences, le remède.

La malaria, cette plaie physique de l'Italie, ne sévit pas seulement aux environs de Rome. Elle règne sur un grand nombre de points tant de la péninsule que de la Sicile et de la Sardaigne. Les célèbres marais Pontins ne sont qu'un cas particulier d'un état trop général dans les parties basses du nouveau royaume. On assure même que leur influence sur la malaria dont souffrent les habitants de Rome est à peu près nulle, contrairement à ce que l'on avait cru pendant plusieurs siècles : ils sont trop éloignés de la capitale ; c'est sur d'autres points, sur Terracine nommément, que s'exerce leur action délétère.

L'écoulement incomplet, insuffisant, aux approches de la mer, d'une partie des innombrables cours d'eau qui sil-

(*swamp-gum*), est l'arbre de toutes les parties humides de la Terre de Van Diemen et du sud du continent. Il y atteint des hauteurs de 50 à 100 mètres avec un pourtour de 5 à 6 mètres, et offre un tronc lisse et blanc, dont la teinte rappelle celle de nos bouleaux. Il ne réussit guère que dans les terrains très mouilleux ou marécageux, mais résiste bien aux vents de mer.

Une variété de la même espèce, le *manna-gum*, de dimensions moyennes, par conséquent beaucoup moindres, s'accommode mieux des terrains secs. On récolte, aux environs d'Hobart-Town, une substance douce et sucrée qu'exsudent au printemps les feuilles et les jeunes rameaux de cette variété, d'où le nom de *manna-gum tree*. (Ibid.)

lonnent le littoral italien sur l'énorme développement de ses côtes continentales ou insulaires, est incontestablement la principale cause d'une aussi fâcheuse situation. Par suite de cette insuffisance d'écoulement, les eaux surabondantes transforment des étendues plus ou moins vastes, de part et d'autre du lit des cours d'eau, en marécages de peu de profondeur qui, en été, se dessèchent et se remplissent alternativement suivant qu'il fait beau ou qu'il pleut. Cette intermittence est des plus préjudiciables à la santé publique. Certains bassins subissent aussi ces conditions malheureuses sur une part plus ou moins grande de leur étendue, d'autres étant d'ailleurs mieux partagés. Il en résulte que la zone de la malaria est discontinue, telle localité qui en est affectée alternant, et souvent brusquement, avec telle autre qui en est indemne.

Un tel état de choses se fait sentir naturellement sur le personnel d'exploitation des chemins de fer, et particulièrement des voies ferrées du littoral qui représentent une fraction considérable de l'ensemble du réseau.

Il résulte en effet d'un rapport adressé au sénat italien, à l'appui d'un projet de loi relatif à l'assainissement des régions malsaines traversées par les lignes ferrées, qu'une importante partie de ces lignes est dans la zone de la malaria. Ce sont plus particulièrement celles de la Campagne romaine, du midi et de Calabre-Sicile qui en éprouvent les funestes effets. Le parcours des seuls chemins de fer exploités par l'État étant au total de 8160 kilomètres, il en est près de 3800 (3760) qui sont plus ou moins malsains, parmi lesquels 1230 se présentent dans les conditions les plus fâcheuses, tandis que le surplus, 2530 kilomètres, est encore fort loin d'un état salubre, bien qu'un peu moins mal partagé (1). Il ne reste donc, sur l'ensemble du réseau, que 4400 kilomètres qui soient à l'état normal.

Les conséquences de l'insalubrité sont encore aggravées,

(1) *Nuova Revista forestale*, l. c.

pour les employés des compagnies, par la faible densité de la population dans certaines parties du parcours ; ce sont souvent de vrais déserts, sans habitants, sans arbres, sans culture, sans eau potable. Il y a cependant, dans ces régions comme dans les autres, des stations, des loges de cantonniers et de gardiens et leur personnel. L'insuffisance de ces logements paraît du reste n'être pas étrangère au mauvais état sanitaire ; ils sont généralement trop peu spacieux relativement au nombre des personnes qui les occupent, et dans plusieurs d'entre eux les habitants sont obligés de dormir sur le sol nu. Économie bien mal entendue, même abstraction faite de la question d'humanité qui devrait cependant primer toujours la question d'argent. Nous aurons à y revenir.

Traçons quelques traits de la condition des parties les plus éprouvées des réseaux italiens.

La compagnie des chemins de fer romains est obligée de distribuer l'eau potable à ses employés. On la transporte dans des barils de bois de châtaignier carbonisés à l'intérieur, et par des trains spéciaux formés suivant les besoins. « C'est ainsi, dit le chevalier J. B. Rombaux, ingénieur en chef de la compagnie, que l'eau de Pise est distribuée depuis San-Vincenzo jusqu'à Grosseto, où l'on s'approvisionne dans le Chiarone, tandis que l'on fait venir de Rome l'eau qui alimente le reste de la ligne (1). »

En Sicile, comme dans certaines parties de la ligne qui longe l'Adriatique, il y a beaucoup de variations. A Pescara et à sept ou huit lieues au delà, c'est-à-dire non loin de Teramo, l'air est bon ; mais à Torino, sur les bords du Sangro dont l'écoulement est insuffisant, il devient brusquement très malsain, et cette situation se maintient plus ou moins en redescendant vers le midi. De Messine à Catane, l'air est très sain; il est mauvais de Catane à Syracuse, et la malaria sévit progressivement quand on monte de

(1) Ibid.

Bicocca vers Leonforte (Prov. de Catane), pour ne disparaître que plus haut encore, à la station de Castrogiovanni (Prov. de Caltanisetta), vers le centre de l'île. En sorte que tous les soirs, pendant l'été, la compagnie des chemins de fer siciliens transporte à Castrogiovanni ses employés de Leonforte où elle les reconduit le lendemain au matin.

Air pur et irréprochable de Bagheria à Termini sur la ligne de Palerme à Girgenti, mais chargé de malaria à Sciarra, Montemaggiore, Acquaviva, Campofranco.

Comme pour le réseau romain, il faut envoyer l'eau dans des barils aux employés disséminés sur les lignes; non seulement l'eau, mais les vivres, pour le service desquels des cantiniers voyagent constamment entre Catane et Caltanisetta, Porto-Empedocle et Palerme.

Malgré ces secours, sur 2200 employés attachés aux chemins de fer siciliens, 1455 ont été atteints de la malaria en 1879, avec une moyenne de onze jours de maladie par personne, et quatre sont morts. Tous du reste ont été malades, et un certain nombre plusieurs fois, puisque le total des cas de maladie s'élève, pour la même année, à 2782 cas avec une moyenne de neuf jours.

En Sardaigne, la moyenne des jours de malaria est aussi de onze par personne, et le nombre de celles qui sont atteintes s'élève chaque année à près de mille, sans compter les familles de la moitié d'entre elles. La compagnie des chemins de fer de cette île a pris le parti énergique de doubler son personnel sur toutes les régions atteintes de la malaria, c'est-à-dire sur près de moitié du réseau.

On comprend à quels frais énormes — la question d'humanité toujours mise à part — une telle situation entraîne les compagnies ou administrations des divers réseaux de la péninsule et de ses deux îles annexes. Trains spéciaux, transports d'eau et de vivres, employés affectés à ces services supplémentaires ou au remplacement des malades pendant la durée du temps où ceux-ci sont incapables de faire leur service, tout cela constitue un surcroît considérable de

frais, sans compter les secours en nature, en médicaments, les suppléments de solde et enfin toutes ces menues dépenses qu'entraîne la maladie, et dont les administrations ne peuvent point ne ressentir pas le contre-coup, alors qu'un si grand nombre de leurs agents en subissent les onéreuses conséquences.

Le gros de ces frais s'élèverait, paraît-il, en négligeant les unités, dizaines et centaines, à 23 000 fr. pour la haute Italie, 525 000 fr. pour les chemins romains, 325 000 fr. pour le réseau du midi, la Sicile et la Calabre comprises ; enfin le total, pour la péninsule entière et la Sicile, monterait à 873 000 fr., sans compter le réseau de la Sardaigne, dont les frais s'élèveraient à plus de 600 000 fr. Soit, pour le réseau italien, environ un million et demi par an, ce qui représente le revenu à 5 pour cent d'un capital de trente millions.

On s'est ému d'une situation pareille. L'humanité a sans doute contribué pour la plus large part à cette louable sollicitude. Mais les chiffres ont l'inappréciable mérite de préciser toutes choses. Quand les questions de sentiment ont l'heureuse fortune de pouvoir se traduire en francs et centimes, et surtout quand l'ensemble de ces éléments de précision se totalise par millions, on peut être assuré que, tôt ou tard, la voix de l'humanité sera entendue et obéie. Les descendants des compagnons de Romulus commencent à entrer dans cette voie. Ils en ont du moins le sincère désir, et il n'est pas douteux qu'ils n'y parviennent. On calcule chez eux que si l'on employait, par exemple, à combattre le fléau un tiers du capital de la somme annuelle qu'il coûte, ce coût annuel serait, en mettant les choses au pire, réduit d'un tiers, et qu'ainsi aucune perte d'argent ne serait en réalité subie. Ce raisonnement est logiquement sans réplique.

Les hommes du pays qui ont sérieusement étudié la question sont même convaincus que l'amélioration sanitaire, obtenue par une telle dépense sagement et judicieusement

effectuée, représenterait bien plus qu'une économie d'un tiers sur les frais annuels entraînés par la malaria.

Les causes du mal sont connues pour la plus grande partie : en ligne secondaire, l'exiguïté, l'insuffisance, le manque du confortable nécessaire dans les logements ; en ligne principale, l'étendue considérable des terrains marécageux et des eaux stagnantes sur le parcours des différentes lignes ferrées.

Pour ce qui est de l'amélioration des logements, il suffira de la vouloir et d'y appliquer les sommes nécessaires. Quant aux terrains envahis par des eaux sans écoulement, dans bien des cas des fossés de conduite convenablement dirigés, quelquefois des travaux d'art, comme digues et barrages, détournement ou extinction de torrents, pourront atténuer sensiblement ces sources d'infection atmosphérique ; mais, dans tous, de nombreuses plantations d'Eucalyptus produiront leurs effets naturels et constants d'assèchement et d'assainissement.

Plusieurs tentatives partielles d'introduction de ces arbres merveilleux ont été déjà pratiquées, et de nombreuses observations ont été faites.

Les régions les plus méridionales sont naturellement celles où les premiers essais ont été faits avec le plus de confiance. Nous avons parlé plus haut d'un remarquable spécimen d'Eucalyptus globulus dans le jardin de l'évêché de Messine. C'est seulement cette variété qui a été essayée jusqu'ici dans la région australe du réseau italien ; essais trop peu nombreux et de trop faible importance malheureusement, et pratiqués, faute d'expérience, avec insuffisance des soins indispensables pendant la première jeunesse de ces sortes de plantations. En sorte qu'un certain nombre de jeunes plants, mal protégés contre la chaleur ou contre les retours de sécheresse qui alternent souvent, nous l'avons dit, avec l'imprégnation paludéenne, ont fini par périr ; tandis que d'autres, soit qu'ils fussent plus vigoureusement constitués, soit que leurs racines aient pu ren-

contrer quelque veine du sol plus avantageuse, montrent la végétation la plus brillante et la plus rapide.

On cite, comme ayant donné des résultats plus particulièrement satisfaisants, une plantation de globulus faite sur la ligne d'Ostuni à Brindisi, dans la Terre d'Otrante, cette petite presqu'île qui sépare le golfe de Tarente du sud de l'Adriatique.

A Cosenza, dans la Calabre citérieure, le froid de l'hiver de 1879-1880 a exercé quelques ravages parmi les globulus nouvellement plantés ; mais partout ailleurs, dans l'Italie méridonale, la proportion des plants détruits par cette cause, n'atteint pas 1 pour cent, chiffre véritablement insignifiant.

Si de l'Italie méridonale nous passons au centre, nous savons quel succès décisif y couronne les courageux et opiniâtres labeurs des trappistes de Trois-Fontaines près de Rome. Grâce à leurs plantations, ce lieu, qu'on avait autrefois surnommé *la Tombe*, est devenu un centre d'activité, de travail et de vie, d'où la fièvre puludéenne est bannie désormais. Signalons aussi quelques plantations d'Eucalyptus le long de la voie ferrée, dans les anciens États de l'Église, et particulièrement celle de la station de Sainte-Sévère, située sur un point essentiellement malsain, mais qui commence à éprouver les effets de cette bienfaisante influence.

En remontant vers le nord, le long du littoral, nous trouvons, dans la province de Sienne, Orbitello et Grosseto, où un général, s'appliquant la devise *Ense et aratro*, fait depuis longtemps déjà, et dans de grandes proportions, des plantations d'Eucalyptus de variétés diverses (1). Après le globulus, les *viminalis*, *rostrata* et *resinifera*, dont nous avons déjà parlé à l'occasion des plantations de Trois-Fontaines, sont, avec le *Melliodora* (2), les espèces qui ont le mieux réussi et le mieux résisté au fameux hiver.

(1) Le général Vincenzo Ricasoli.

(2) L'*Eucalyptus melliodora* (Cunningh.) serait un arbre de moyenne

Un peu plus au nord encore, le dévouement à la cause des Eucalyptus a été déployé par une femme. Une grande propriétaire en a fait d'importantes plantations dans ses domaines de Campo-Romano près Viarreggio, dans l'ancien duché de Lucques. Elle y a varié les essais, et l'on peut constater, là comme à Orbitello et à Trois-Fontaines, la primauté de succès venant, après celui du globulus, pour les espèces que nous venons de nommer, en y ajoutant l'arbrisseau *urnigera*.

Au résumé, l'on peut compter, dans l'Italie centrale, sur la réussite dans l'acclimatation de dix ou douze espèces d'Eucalyptus. S'il en est ainsi, nul doute que l'ancien royaume des Deux-Siciles, où les essais n'ont encore porté que sur le globulus, ne puisse se prêter à la naturalisation d'un bien plus grand nombre de variétés. Il s'agira de préciser, à l'aide d'essais et de tâtonnements nombreux, pendant un petit nombre d'années, les espèces convenant le mieux à chaque nature de terrain.

Nous avons déjà cité, dans la haute Italie, un remarquable *E. amygdalina* (1) sis non loin des rives du lac Majeur. Il avait été planté sur un versant assez humide pour que le sol cédât sous le pas. Aujourd'hui, dans un assez vaste rayon autour de l'arbre, le sol est devenu sec et résistant.

A Vintimille, non loin de Nice, entre Menton et San

grandeur, se plaisant sur les coteaux découverts, peu élevés et secs ou du moins point humides, d'après M. Raveret-Wattel. — De telles exigences ne manqueraient pas d'analogie avec celles de la vigne : *apertos Bacchus amat colles*, a dit Virgile qui, sur ce point, ne se trompait pas.

Les collines de formation miocène lui seraient plus particulièrement favorables. Il serait désigné par les colons australiens sous les noms de *box-tree yellow-box, peppermint*.

(1) L'*E. amygdalina* (vulgairement : *Eucalyptus menthe poivrée*, ou *à feuilles étroites*), est une espèce des plus gigantesques du genre, pouvant atteindre, assure-t-on, jusqu'à 160 mètres de hauteur et 27 mètres de circonférence. Elle est aussi une des plus résistantes au froid, mais elle exige un sol riche et tout au moins frais, sinon très humide.

Remo, la Compagnie ou Société des chemins de fer de la haute Italie a fait, en 1874, une plantation de près de 800 Eucalyptus, disposés par lignes entre lesquelles passaient des bœufs employés au service de la station. Ces bestiaux ont brouté l'écorce des jeunes arbres, dont un grand nombre ont péri par cette cause accidentelle. Les autres, au nombre de 460, montrent une végétation prospère et ont apporté une amélioration déjà très sensible dans l'air de la station de Vintimille, amélioration attribuée surtout, ici, aux émanations balsamiques et parfumées qui de jour et de nuit, mais surtout de nuit, s'échappent de leur feuillage. Les effets de la malaria sont par suite en grande partie conjurés à la station de Vintimille où, même pendant le temps des fortes chaleurs, les cas de fièvre sont devenus rares.

III.

Les projets de travaux. — Leurs effets certains ou probables.

Il existe en ce moment en Italie, ou il existait naguère, une commission d'enquête sur l'exploitation des voies ferrées, chargée spécialement d'étudier la question de savoir si cette exploitation doit être laissée à l'État ou livrée aux particuliers. Accessoirement elle avait à s'occuper, comme se rattachant incidemment à sa mission principale, des conditions hygiéniques des diverses lignes du réseau. Ceux des membres de cette commission à qui incombait cette seconde partie de la tâche ne pouvaient manquer d'être frappés de la situation déplorable qui vient d'être retracée tout à l'heure. L'un d'entre eux, M. Torelli, membre de la chambre haute du royaume, présenta à la commission ce tableau douloureux, en indiquant les voies et moyens à faire consacrer par une loi pour arriver à combattre efficacement le fléau.

Tout en partageant les sentiments et les vues de l'honorable sénateur, la commission déclina sa propre compétence pour présenter un projet de loi en ce sens, par ce motif que, la question hygiénique n'étant pas l'objet principal mais seulement l'objet accessoire de sa mission, il ne lui appartenait pas de proposer elle-même un projet de loi pour y remédier. Que, par tous pays, la tradition bureaucratique est une belle chose!

Mais, en sa qualité de membre du parlement, M. Torelli n'était point lié par de telles subtilités. Ce fut lui, croyons-nous, qui présenta le projet de loi pris en considération par le sénat le 11 juin 1880, et c'est son rapport à l'appui qui a jeté un jour complet sur la situation à laquelle il s'agit de remédier.

Des tentatives sans doute ont été déjà pratiquées; cela résulte de ce que nous avons exposé plus haut. Mais, faites isolément, sans plan d'ensemble, sans vues générales, elles ne pouvaient avoir de résultat important. Les différentes compagnies, sociétés ou administrations qui se partagent, pour le compte de l'État, le réseau italien, avaient bien déjà signalé la gravité de la situation ; mais elles sont au nombre de quatre ayant chacune son organisation spéciale, ses réglements particuliers. Il est arrivé ce qu'exprime si bien l'allégorie du dragon à plusieurs têtes pour une seule queue : chacune des quatre têtes s'engageant dans une direction différente, aucune ne put livrer passage à la queue. Le mal n'était pas suffisamment mis en évidence, et les causes générales, avec la base commune des moyens à employer pour les neutraliser ou les détruire, restaient dans l'ombre. On reculait d'ailleurs devant des sacrifices financiers, qui paraissaient d'autant plus effrayants qu'on ne se rendait exactement compte ni de leur chiffre, ni surtout de l'économie équivalente à un vrai bénéfice qu'amènerait leur judicieuse application. Chaque administration, finalement, se bornait à combattre les effets du mal, c'est-à-dire à soigner à grands frais ses propres malades, et la question n'avançait pas.

L'éminent service rendu par la commission dont nous avons parlé consiste à avoir pu étudier la question à fond et dans son ensemble, à avoir signalé la cause universelle du mal et ses causes locales ou accidentelles, en indiquant les moyens pratiques et relativement faciles de les combattre, enfin à en avoir élucidé le côté économique, en démontrant que *certainement* l'intérêt du capital engagé dans l'opération d'assainissement serait couvert exactement par la diminution des frais entraînés par l'état et le nombre des malades, et que très *probablement* il serait dépassé par cette diminution de dépense.

L'auteur du rapport, après avoir établi, chiffres et preuves en main, cette situation, aborde la question des voies et moyens de leur application. Nous avons dit précédemment que les remèdes indiqués sont au nombre de trois : amélioration des logements, travaux hydrauliques consistant en fossés d'écoulement et de dérivation suivant les circonstances, avec les divers travaux d'art qui peuvent s'y rattacher, enfin et principalement plantation de plusieurs millions d'Eucalyptus dans les parties du réseau affligées de la malaria. Quant à cette dernière mesure, M. le sénateur Torelli exprime la conviction que, dût-on se borner à garnir par des plantations un seul côté des lignes du littoral, il suffirait de quelques années, six ou huit au plus, pour obtenir en dehors même des deux autres ordres de travaux, qu'il faut bien se garder d'ailleurs de négliger, une amélioration assez grande pour justifier pleinement de l'utilité et de l'à-propos de la dépense.

D'ailleurs dans l'hypothèse la moins favorable, celle où la situation économique se maintiendrait en fait dans le *statu quo*, les conditions hygiéniques s'amélioreraient de telle façon que l'amélioration tendrait nécessairement à s'accroître.

Mais pour que la dépense et les travaux projetés puissent donner d'une manière complètement efficace des résultats aussi désirables, deux conditions paraissent absolument

nécessaires à l'auteur du projet de loi. La première c'est que l'entreprise soit confiée à un corps spécial et formé *ad hoc*, commission, délégation ou comité, le nom importe peu ; mais il faut un corps indépendant, de confiance, et à qui il soit attribué, sous la garantie ordinaire de justification minutieuse de la dépense, des pouvoirs assez étendus ; il faut qu'il puisse éviter les lenteurs du formalisme administratif, peu compatibles avec des travaux pouvant revêtir à chaque instant un caractère d'urgence et offrant, d'un bout à l'autre du réseau, une telle diversité de cas qu'il est absolument impossible de les prévoir même partiellement. Par exemple, là où l'ouverture d'un simple fossé de dérivation aurait d'abord été jugée suffisante, un orage peut, au moment du commencement des travaux, amener des ravinements, par le fait d'un torrent instantané, qui obligent à remplacer le fossé projeté par des travaux de barrages et clayonnages pour arriver à l'extinction rapide du torrent nouvellement formé. S'il fallait procéder alors en suivant toute la filière administrative pour obtenir la modification du premier projet, les dégâts auraient eu le temps d'être décuplés avant que l'autorisation sollicitée fût intervenue. De même dans une infinité de cas analogues. Il est donc nécessaire que le comité dirigeant des travaux ait les coudées franches, et puisse déléguer à ses agents de confiance des attributions en rapport avec la gravité et l'urgence possible des circonstances.

La seconde condition jugée indispensable au succès, concerne la plantation ; il en faudrait confier le soin et l'entretien pendant le premier âge, au personnel subalterne de l'exploitation des lignes ferrées : on récompenserait les préposés de ce service supplémentaire par une prime proportionnelle au nombre de plants qui auraient repris d'une manière assurée. Les plantations d'Eucalyptus ne réussissent qu'au prix de soins particuliers et ordinairement pénibles pendant leur premier âge, et surtout d'arrosements fréquemment répétés pendant les sécheresses. Une fois par

venus à un certain développement — et nous avons vu s'ils se développent vite — toutes ces précautions ne seront plus nécessaires ; les jeunes arbres seront maîtres du sol et de la place. Mais en attendant, il leur faut ces soins, faute desquels les neuf dixièmes risqueraient de périr, et moyennant lesquels la proportion sera plus que renversée. Or, comme ce fréquent arrosage des plants est un travail assujettissant, fatigant surtout, et d'un contrôle à peu près impossible, le meilleur moyen d'en assurer l'exécution, c'est d'y intéresser directement les préposés eux-mêmes, au moyen de l'appât d'une prime déterminée par la proportion même du succès des jeunes plantations.

Un côté de la question à peine indiqué par l'auteur du projet de loi en préparation, parce qu'il est indépendant du but de l'entreprise, mais qu'il nous est bien permis d'envisager, à nous spectateurs sympathiques quoique désintéressés, c'est celui de la richesse économique considérable créée, pour un avenir plus ou moins prochain ou éloigné, par l'instauration de plusieurs millions d'arbres d'une croissance rapide, atteignant à des dimensions exceptionnelles, et propres à de nombreux usages, et cela précisément dans des terrains dont la principale ou unique production consiste jusqu'ici dans des miasmes paludéens !

Une fois entré dans une voie aussi féconde, il est permis d'espérer qu'on ne s'arrêtera pas à mi-chemin. Quand on aura constaté les heureux effets des plantations d'Eucalyptus le long et aux abords des lignes de chemins de fer, on voudra sans doute les étendre aux localités plus éloignées, où la malaria n'existe pas moins, mais n'est pas combattue, soit qu'elle ait rendu les lieux déserts, soit que leurs populations maladives et clairsemées ignorent jusqu'à l'existence de moyens de remédier au mal.

Il ne faut pas croire que les plantations d'Eucalyptus autrement qu'en lignes doivent créer nécessairement des forêts et donner par suite, à la longue, à l'élément forestier, une prépondérance trop grande. Un tel inconvénient, si

c'en est un, serait en tout cas bien éloigné, et une fois accusé, on aurait toujours toute facilité pour l'atténuer. Mais il n'est pas même à craindre. On a vu que mille Eucalyptus suffisent à assécher dix hectares de marécages. Cela représente un arbre par are. Sans doute, à onze mètres environ d'intervalle les uns des autres, des arbres de cent mètres de haut, et d'une envergure proportionnée, pourront bien finir par former un massif ininterrompu dont toutes les cimes se toucheront. Mais d'abord, malgré leur extrême rapidité de croissance, nos Eucalyptus mettront encore un certain nombre d'années à atteindre ces belles dimensions, si toutefois ils les atteignent jamais: il n'est pas sans exemple de voir des arbres d'une région, transportés dans une autre, s'y acclimater et y venir à bien, mais sans reproduire à beaucoup près les dimensions de leurs pays d'origine. En second lieu la disposition particulière des feuilles des Eucalyptus adultes, par suite de laquelle ces organes se suspendent perpendiculairement à la directien des rameaux ou, plus exactement, dans le plan vertical, a pour effet de leur faire donner fort peu d'ombre, les rayons du soleil glissant librement entre des feuilles qui ne s'étalent pas en écran protecteur, entre l'astre du jour et le sol, à la manière des autres arbres. Il est donc présumable que, sous une plantation d'Eucalyptus, l'herbe doit pouvoir pousser à l'aise et former, après asséchement du sol, des pâturages fertiles, à l'abri, incomplet sans doute mais appréciable encore quand le soleil n'est pas au voisinage du zénith, des larges cimes de ces arbres.

IV.

Disons quelques mots des emplois, des produits, des qualités de bois que l'on prête aux Eucalyptus en général, et qui ont été surtout constatées dans son pays d'origine.

Le bois offre une grande dureté, qui augmente par expo-

sition à l'air avant l'emploi, et résulte de la coagulation des gommes et résines réparties dans toute la masse ligneuse. Dans les espèces où les cellules gommifères et résinifères sont le plus abondantes, la dureté qu'elles donneraient au tissu ligneux défierait celle du fameux bois de teck de l'Inde. L'une d'elles, à croissance relativement lente, il est vrai, l'*E. marginata*, fournit un bois comparable à l'acajou pour le poli et la teinte, et que les tarets n'attaquent point, s'il faut en croire l'expérience de plusieurs planches de cette essence restées intactes, après un séjour de 17 ans sous la mer, au lieu même où d'autre bois, provenant du même navire échoué, était percé à jour comme un crible par ces redoutables insectes (1). Il y aurait mieux encore. Le teck, que respectent les tarets, n'est point indemne des ravages de la fourmi blanche ou termite, ce ravageur implacable de tout bois placé à demeure, sous terre ou sous eau, et s'attaquant même aux traverses des chemins de fer indiens, au risque de faire effondrer la voie sous le passage des trains. Le bois des Eucalyptus serait à l'abri de ce xylophage, et, employé en traverses, se montrerait d'une durée presque indéfinie, d'abord en raison de sa grande dureté, ensuite par son invulnérabilité aux attaques des insectes.

Ces derniers éprouveraient la même répugnance pour la feuille des Eucalyptus que pour leur bois. Cette feuille fragrante, saturée d'huiles essentielles, de principes balsamiques dont elle exhale constamment les senteurs, éloignerait invinciblement les insectes. Il n'est pas jusqu'à la sauterelle, cette plaie de l'Afrique septentrionale moderne comme elle fut l'une des plaies de l'antique Égypte sous Ménephtah, qui ne soit écartée par l'émanation du feuillage de l'Eucalyptus globulus. Le fait a été constaté en Algérie lors des invasions de sauterelles de 1866 et de 1873 ; seules

(1) Malheureusement l'*E. marginata* paraît être, en nos contrées méditerranéennes, d'une acclimatation difficile, et résiste à la transplantation. Mais les remarquables qualités qu'il acquiert dans son pays sont partagées aussi, avec une intensité plus ou mons grande, par ses nombreux congénères.

les plantations de l'année eurent à souffrir, mais partout où les globulus étaient plantés depuis plus d'un an ils ne subirent aucun dégât. Pour être complet, il faut ajouter que d'autres espèces, entre autres le résinifère et le viminal, ne furent pas épargnées, et que des plantations de ces variétés, âgées déjà de cinq à six ans, eurent toutes leurs feuilles rongées avec une partie de l'écorce des rameaux.

Nous n'avons pas de chiffres précisant la densité des bois des variétés de l'Eucalyptus, mais cette densité passe pour supérieure à celle du chêne, de même que leur dureté, au moins en ce qui concerne le globulus, dépasserait jusqu'à celle du teck. Aussi les usages de ce bois, comme menuiserie, charpente, constructions de toute sorte, sont-ils innombrables. La plupart des baleiniers de Hobart-Town et des steamers qui font le service régulier entre la Tasmanie et l'Angleterre sont en Eucalyptus. Comme sa durée sous eau est indéfinie, on l'emploie à tous les travaux de ports de l'Australie ; quais, digues, jetées sont faits avec ce bois, de préférence à la maçonnerie.

Dur, lié, résistant plus qu'aucun autre bois, l'Eucalyptus serait aussi étonnamment élastique, au point qu'un homme de force ordinaire est impuissant, dit-on, à briser sur l'arbre une branche de quelques centimètres seulement de diamètre. Par les vents violents, les ouragans, les bourrasques, l'Eucalyptus, comme le roseau, *plie et ne rompt pas ;* il peut être, de toute sa longueur, couché jusqu'à terre, et ne se relève, l'orage passé, qu'avec plus ou moins de difficulté ; mais il n'éprouverait pas de rupture (1).

Nous pensons que ce phénomène ne se réalise que sur des sujets encore jeunes relativement, et que, s'il s'agissait d'un arbre tout à fait adulte, étalant, avec une hauteur proportionnée, l'un de ces pourtours opulents que nous citions au commencement de cette étude, et croissant isolément

Sur les humides bords du royaume du vent,

(1) Cf. Raveret-Wattel, *loc. cit.*

ce géant végétal, si élastique fût-il, pourrait bien faire plus que plier, et se voir vulgairement brisé ou déraciné comme le chêne de la fable, alors que viendrait à s'acharner contre lui, en Tasmanie ou sur le continent australien,

Le plus terrible des enfants
Que le *Sud* eût porté jusque-là dans ses flancs.

Mais ce cas doit être fort rare.

Comme valeur calorifique, l'Eucalyptus serait également supérieur à nos bois d'Europe, et dans les parties de l'Australie où manque parfois le charbon de terre et où ce bois abonde, on le ferait servir, grâce à l'ardeur et à la longue persistance de sa braise, à chauffer les locomotives conduisant les trains de chemins de fer.

Outre le bois, qui constitue le produit principal des arbres, il y a aussi ce que, en économie forestière, on nomme les *produits accessoires*. Nombreux seraient ceux de l'Eucalyptus.

La distillation des feuilles fournit 2 p. c. de la matière fraîche, et 6 à 7 p. c. de la matière sèche, en une huile essentielle fort estimée pour la parfumerie et qui, à Grasse, l'Éden des parfumeurs, ne se vend pas moins de 15 fr. le kilogramme. Cette essence aurait aussi d'importantes vertus médicinales.

La floraison très abondante de ces arbres serait particulièrement favorable au développement de l'industrie apicole. Des abeilles d'Europe, introduites dans les forêts d'Australie, où les Eucalyptus constituent partout l'essence dominante, y ont pullulé d'une façon extraordinaire, et fournissent en grande quantité du miel et de la cire sauvages, qui sont, pour les ouvrires des mines, une ressource précieuse.

L'écorce, très fibreuse, peut fournir une pâte à papier estimée. Aussi riche en tannin que celle de nos chênes, elle est depuis longtemps employée en Australie à la fabrica-

tion des cuirs, et commencerait à l'être depuis quelques années en Espagne et en Portugal.

Ces diverses qualités et propriétés existent dans l'*E. globulus*, et plus ou moins dans toutes les espèces. Quelques-unes, parmi celles dont nous avons parlé plus haut, méritent, sous ce rapport, une mention particulière.

L'*E. amygdalina*, que nous avons vu prospérer sur les bords du lac Majeur, est celui dont les feuilles donnent le plus d'huile essentielle, le rendement pouvant s'élever jusqu'à 4 pour cent de la matière fraîche, feuilles et jeunes rameaux. D'un grain fin et serré, élégamment veiné quelquefois, le bois de cet Eucalyptus tasmanien est surtout employé à faire des palissades.

L'*E. rostrata*, inconnu à Van Diemen mais très abondant par tout le continent australien, sert à tous les usages et n'est pas moins propre à l'ébénisterie, comme la plupart de ses congénères, du reste, qu'à tous les usages auxquels le bois peut être employé. C'est un bois compacte, d'un beau rouge ; les racines et la base de la tige produisent des excroissances et des loupes à veines et maillures élégantes. Les palissades, la construction des navires, les jetées et les ponts, le charronnage etc. etc., l'emploient avec succès, et les entrepreneurs du renouvellement des quais de débarquement du port de Melbourne ont accepté dans leur contrat, il y a quelques années, l'obligation de n'employer exclusivement que du bois d'*Eucalyptus rostrata* (*red-gum*). D'un chauffage moins estimé que celui du globulus et de plusieurs autres, il est cependant très employé en Australie, en raison de son abondance. De tous ses congénères, il est peut-être celui dont le bois oppose la plus grande résistance à l'action de l'humidité et aux influences atmosphériques.

Ces propriétés, ces qualités vraiment remarquables des arbres du genre Eucalyptus, sont celles qu'ils possèdent dans les contrées où ils sont indigènes.

Ne la perdront-ils pas, au moins en partie, dans un nouvel hémisphère, dans des conditions de sol et de climat qui, pour être analogues, ne sont cependant pas nécessairement identiques? L'avenir seul pourra répondre à cette question, quand la zone tempérée-chaude de l'hémisphère boréal aura pu produire en assez grande quantité des arbres adultes de ces essences nouvelles, pour que des expériences nombreuses et de durée aient pu les éprouver

Mais quand ils devraient ne donner qu'un bois bien inférieur à celui qu'ils produisent dans leurs pays d'origine, ils ont déjà fourni la preuve d'assez de propriétés précieuses dans nos régions circum-méditerranéennes, pour mériter de voir leur culture et leur propagation énergiquement secondées et encouragées.

Deux faits, jusqu'ici, sont acquis : l'extrême rapidité de croissance de ces arbres, et leur puissante faculté d'absorption et d'élimination de l'humidité contenue dans le sol. La première de ces deux propriétés accroît singulièrement la valeur de la seconde, en permettant à ses effets de se manifester dès les premières années qui suivent celle d'une plantation. A ce seul et unique point de vue, le nouveau genre arborescent devrait être déjà bien plus répandu qu'il ne l'est dans tous les terrains humides, marécageux et malsains, et l'on ne saurait trop approuver le projet de combattre les causes de la malaria italienne par l'introduction en grand de ce précieux auxiliaire.

Mais la rapidité extraordinaire de ces arbres océaniens offre encore un avantage économique dont on aurait grand tort de ne pas tenir compte. Leur bois n'atteignît-il aucune des précieuses qualités qu'il révèle aux lieux de leur indigénat, et dût-il descendre même — ce qui est, en tout cas peu probable — au rang de ces produits ligneux inférieurs du vieux continent que nous désignons par l'appellation de *bois blancs*, le revenu à tirer de la plantation des Eucalyptus, serait encore considérable (1).

(1) Lors de l'exposition universelle de 1878, M. Mangin, conservateur des

Un exemple rendra la chose palpable.

Considérons un chêne âgé de cent ans et cubant par exemple 10 décistères à 5 fr. l'un, soit une valeur sur pied de 50 fr.

Un Eucalyptus aura atteint les mêmes dimensions, et partant le même cube, en dix ou douze ans en un bon terrain, mettons vingt ans pour tenir compte de conditions de sol plus ordinaires. Supposons maintenant, en mettant les chose au pire, que le décistère ne vaille ici que 1 fr. 50 c.; la valeur marchande sur pied de notre Eucalyptus serait alors de 15 fr. Mais cette valeur, ayant été obtenue en vingt ans, représentera cinq fois elle-même, comparativement au chêne qui a mis cinq fois vingt ans, autrement dit cent ans, à acquérir sa valeur. Car il est bien évident que, si en plantant un chêne il faut cent ans pour en obtenir une valeur de 50 fr., cinq Eucalyptus qui se seraient succédé dans cet intervalle auraient donné cinq fois la valeur de 15 fr. ou 75 fr.

N'omettons pas de remarquer que ce dernier chiffre est en réalité trop faible, car il suppose que les Eucalyptus seraient exploités dès l'âge de 20 ans ; et il est très probable que leur exploitabilité serait plus élevée et qu'on en tirerait, en la reculant, un rendement beaucoup plus fort.

Il y a donc, subsidiairement et accessoirement, un bénéfice économique considérable à retirer, dans l'avenir, des plantations d'Eucalyptus , indépendamment du bénéfice sanitaire inappréciable à réaliser dès les quatre ou cinq premières années à la suite de l'opération.

forêts à Alger, avait fait placer, dans la partie du palais algérien destinée aux produits forestiers, divers objets fabriqués avec le bois d'un *E. globulus* de 2m40 de circonférence sur 28 mètres de hauteur, abattu à l'âge de douze ans dans une forêt de l'État. Il y avait, entre autres, deux chaises, un petit tabouret et un guéridon. Tous ces objets paraissaient avoir une solidité comparable à celle de meubles pareils construits en bois de hêtre. — Mais remarquons qu'il ne s'agit ici que de bois évidemment trop jeune encore pour avoir consolidé ses tissus et acquis une maturité suffisante. Ce n'est guère avant l'âge de cinquante ans que le hêtre pourrait fournir des produits similaires.

D'où il suit qu'il pourrait y avoir avantage à cultiver l'Eucalyptus, même en dehors des terrains marécageux et malsains, partout où le climat local peut se concilier avec sa culture.

Nous avons dit que, dans notre vieux continent, cet arbre précieux ne monte guère plus au nord que le littoral septentrional de la Méditerranée. Cependant nous avons vu l'*E. amygdalina* en pleine prospérité à Intra, province de Novare, par 46° de latitude, c'est-à-dire à peu près au même parallèle que, en France, Riom, Ruffec, Rochefort, l'ile d'Oléron. La protection que le massif des Alpes centrales accorde, contre les influences septentrionales, à cette partie de la haute Italie, explique sans doute la réussite d'une essence aussi méridionale à une latitude qui l'est, relativement, si peu. Mais si, à l'ile d'Oléron et dans la Charente-Inférieure, il n'existe pas un paravent semblable, cette région bénéficie, d'autre part, de la proximité de l'Atlantique réchauffé par le Gulf-Stream. On sait que, grâce à ce voisinage, les chênes yeuse et tauzin, essences de la Provence et du sud-ouest, remontent dans l'ouest plus haut encore vers le nord, atteignant la Loire inférieure et, —le premier du moins, le plus méridional des deux,— le Morbihan et les Côtes-du-Nord.

N'y aurait-il pas des essais à tenter avec les Eucalyptus dans ces départements ?

On voyait à Cherbourg, il y a quelques années, des Eucalyptus en pleine terre et dans de bonnes conditions de croissance. Nous ignorons s'ils ont pu résister à l'hiver de 1879-1880.

Il importe de remarquer que le Pin maritime (*P. pinaster*) qui avait été abondamment introduit, — et avec plein succès jusqu'alors, — dans tout le centre et le nord-ouest de la France, Bretagne et Normandie comprises, n'a résisté à ce terrible hiver nulle part au nord de la Loire. La Sarthe, la Mayenne, où l'yeuse, quoique rare, croît pourtant spontanément, ont vu notamment disparaître, tués

par la gelée, tous leurs bois et massifs de Pin maritime.

Ce fait constitue sans doute une objection contre l'acclimatation de l'Eucalyptus dans les départements du littoral nord-ouest de la France, mais non, croyons-nous, une objection absolue. Dans le règne végétal comme dans le règne animal, les tempéraments varient avec les genres et les espèces. Telle plante de climats tempérés-chauds ne supporte pas des froids auxquels résistent des végétaux d'origine plus méridionale. Réciproquement l'on voit des plantes arctiques gelées sous le climat de Paris; telle la Saxifrage de Sibérie, telle encore l'Edelweiss ou Noble blanche (*Leontopodium alpinum*) des glaciers de la haute Engadine.

Ce n'est donc pas exclusivement par analogie qu'il faut raisonner ici; il faut expérimenter sur la plante elle-même dont l'acclimatation est désirée.

L'étude comparée des deux variétés de chêne (yeuse et tauzin) dont il vient d'être parlé, avec celles du genre Eucalyptus connues pour être le moins sensibles au froid, amènerait peut-être à reconnaître une analogie suffisante entre ces deux classes d'arbres au point de vue du climat, pour que, là où la première croît spontanément, la seconde puisse être acclimatée. Une étude pratique de ce genre demanderait à être faite. Son introduction dans des latitudes aussi élevées dût-elle coûter aux débuts beaucoup de tâtonnements, de dépenses et de soins, les avantages énormes à en retirer, en cas de réussite, constituent un encouragement suffisant.

Combien de fois la spéculation industrielle ne s'est-elle pas livrée à des travaux de recherches et d'essais, en vue d'entreprises bien plus précaires et bien plus incertaines?

CH. DE KIRWAN.

L'ALCOOLISME

(Suite) (1).

Mais l'alcool n'a pas seulement le tort d'abrutir l'individu ; ses effets retentissent sur l'espèce. L'ivrogne ne sème rien qui vaille, dit le vieil Amyot. Sans m'arrêter à ces faits, assez nombreux mais peut-être contestables, qui tendent à établir que l'ivresse du père, au moment de la conception, devient fréquemment pour l'enfant une cause d'épilepsie, d'idiotie, de paralysie congénitale (2), je tiens à constater que tous les médecins qui se sont occupés de la pathogénie des affections nerveuses ont reconnu l'influence héréditaire de l'alcoolisme. Les descendants de pères ivrognes fournissent une proportion considérable d'épileptiques, d'idiots, d'aliénés de tous les genres et, spécialement, de fous paralytiques. Quelques exemples démontreront d'une manière évidente la triste réalité de ces dégénérescences héréditaires.

J'ai pu constater, dit notre savant compatriote, le professeur Guislain, l'origine de toute une génération d'alié-

(1) Voir la livraison d'avril 1881.

(2) Voir les faits cités par M. Demeaux dans la séance de l'Académie des sciences du 1er novembre 1860, par M. Dubulot dans la séance du 20 octobre 1869, et par M. Vougier dans celle du 24 décembre de la même année.

nés, composée de différents frères et sœurs, tous issus d'une mère qui avait fait une consommation si considérable de liqueurs fortes que, pendant toute une série d'années, elle se trouva dans un état d'ivresse complète. Jamais cette femme n'avait été aliénée ; son mari ne l'avait pas été, pas plus qu'aucun autre membre de leur famille, de manière que toute une descendance d'aliénés fut le résultat de cette union (1).

X... appartient à une excellente famille ouvrière, dit M. Morel. Il s'est adonné de bonne heure aux excès de boisson. Il est mort après avoir passé par tous les degrés de l'alcoolisme. Marié à une femme bien portante, il a laissé sept enfants. Les deux premiers sont morts en bas âge, à la suite de convulsions ; des cinq suivants, trois sont aliénés, un quatrième est bizarre, d'un caractère misanthrope, et le cinquième est en proie à un spleen désespéré (2).

Le docteur Howe, dit M. M. de Colleville, dans un rapport très connu sur l'idiotie dans le Massachusetts, a fait des recherches sur les ascendants de trois cents idiots et il a constaté que, dans 145 des familles auxquelles ils appartenaient, c'est-à-dire dans près de la moitié des cas, les parents étaient des ivrognes. Howe cite encore l'exemple d'un ivrogne qui avait engendré sept idiots (3).

M. Barella rapporte le fait suivant. M. R... est un employé modeste, adonné aux boissons alcooliques. Il a eu sept enfants ; deux garçons sont dans des maisons de santé pour aliénation mentale ; une jeune fille de vingt-huit ans s'est pendue ; une autre jeune fille et un frère sont très exaltés, d'un caractère capricieux, mobile, fantasque (4).

(1) *Leçons sur les phrénopathies*, t. II, p. 92.

(2) *Traité des dégénérescences physiques intellectuelles et morales de l'espèce humaine*, par le docteur Morel, médecin en chef de l'asile de St-Yon, p. 122.

(3) *Congrès international pour l'étude des questions relatives à l'alcoolisme*. Bruxelles 1880, p. 55.

(4) Barella. *Mémoires de l'Académie royale de médecine de Belgique ;* collection in-8°, t. V, 3e fasc., p. 124.

Un fait sur lequel on ne saurait assez appeler l'attention, c'est l'hérédité du penchant pour les boissons alcooliques, ou de la dipsomanie, si nous voulons parler la langue médicale. En disant que cette passion est héréditaire, nous nous aventurons peut-être quelque peu. Il est difficile en effet de décider s'il y a réellement transmission de la dipsomanie des parents aux enfants, ou si ce goût dépravé s'est développé sous l'influence des mauvais exemples que ceux-ci ont rencontré autour d'eux. Du reste, en admettant cette dernière interprétation, il serait permis de dire que c'est encore de l'hérédité, mais de l'hérédité morale.

Quoi qu'il en soit, c'est un des faits les mieux établis dans l'histoire de l'alcoolisme que beaucoup de descendants d'ivrognes manifestent un appétit maladif pour les boissons enivrantes. A l'appui de cette thèse, j'emprunte encore un fait aux intéressantes communications de M. de Colleville au congrès de Bruxelles. Un gentleman se livre démesurément à l'usage de l'eau-de-vie ; sous l'influence de ces excès, il devient brutal, et ses emportements forcent sa femme à se séparer de lui. Ce gentleman a deux sœurs : toutes deux se livrent avec frénésie à l'usage de l'eau-de-vie. L'une d'elles, qui ne dispose pas de ressources illimitées, emprunte ou mendie près de ses connaissances, pour se procurer l'argent destiné à satisfaire son goût dépravé. Or voici la généalogie de ces trois types d'ivrognes : leur grand-père abusait de l'eau-de-vie ; leur père était un buveur de profession : il s'est brûlé la cervelle dans un accès de manie alcoolique ; enfin leur mère elle-même s'abandonnait à la passion de l'alcool (1).

M. Lunier, dont l'autorité est si considérable dans cet ordre de questions, partage complètement l'avis du publiciste anglais : « L'alcoolisme héréditaire, dit-il, est un fait indéniable ; c'est un fait nouveau qu'on n'a constaté que depuis le commencement de ce siècle. » Toutefois l'éminent alié-

(1) *Congrès international de Bruxelles*, p. 57.

niste français ajoute à son affirmation cette réserve importante : « Cette hérédité ne s'observe que chez les buveurs d'alcool, et ne se rencontre pas chez les buveurs de vin et de cidre. » Si l'hérédité dont il s'agit avait besoin de nouvelles preuves, je citerais une observation personnelle toute récente. Je viens d'être consulté pour le dernier descendant d'une famille opulente. Depuis dix ans, il abuse de l'alcool qu'il consomme à peu près indistinctement sous toutes ses formes, la bière, le vin, les liqueurs spiritueuses, et il se meurt à vingt-sept ans de lésions multiples reconnaissant toutes la même origine : cirrhose du foie, pneumonie chronique, néphrite albumineuse, toute une pathologie alcoolique. Marié depuis trois ans, il ne laisse pas de postérité, sa race s'éteint avec lui. Son père est mort à l'âge de trente-cinq ans à la suite des mêmes abus et des mêmes lésions organiques.

Telle est l'action pathogénique de l'alcool, tant sur le sujet qui l'absorbe que sur sa descendance.

Dans cette étude, nous avons pris pour type l'eau-de-vie retirée du vin. On sait qu'elle a pour principe actif l'alcool vinique, ou, comme on l'appelle encore, l'alcool éthylique. Mais on trouve dans les boissons spiritueuses d'autres alcools dont l'action n'est pas tout à fait identique avec celle de l'alcool vinique ; il nous reste à signaler les particularités de leurs effets sur l'organisme.

Les alcools forment un groupe de corps homologues présentant des rapports de composition fort simples. Ceux qui nous intéressent le plus, après l'alcool éthylique, sont les alcools propylique, butylique et amylique (1).

(1) Voici la composition et le degré d'ébullition de ces alcools, d'après Girardin (*Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels*).

	Formules brutes	Degré d'ébullition
Alcool vinique	$C^4 H^6 O^2$	79°
— propylique	$C^6 H^8 O^2$	96°
— butylique	$C^8 H^{10} O^2$	108°
— amylique	$C^{10} H^{12} O^2$	165°

En général, l'action nocive des alcools est en raison directe de leur poids moléculaire.

Cette proposition formulée par M. Rabuteau en 1871 (1), a reçu dans ces derniers temps sa confirmation expérimentale. MM. Dujardin-Baumetz et Audigé sont parvenus à déterminer le degré de toxicité des principaux alcools sur les animaux, et spécialement sur les chiens, dont l'organisation se rapproche beaucoup de celle de l'homme. Résumons ces belles expériences. Pour les rendre plus facilement appréciables, nous supposerons qu'il s'agit d'un chien du poids de 20 kilogrammes. La dose toxique limite (2) de l'alcool administré pur est fixée ainsi par ces habiles expérimentateurs :

Alcool éthylique	160	grammes
Alcool propylique	58	»
Alcool butylique	40	»
Alcool amylique	34	»

Quand, au lieu de donner l'alcool pur, on l'administre à l'état de dilution, les résultats sont sensiblement les mêmes.

Il ressort de ces recherches que l'alcool éthylique est le moins agressif pour l'économie animale, et que tous les autres alcools sont plus toxiques que lui ; l'alcool amylique, en particulier, a une puissance nocive à peu près cinq fois plus élevée que celle de l'alcool éthylique.

MM. Dujardin-Baumetz et Audigé ont fait des recherches analogues sur différents produits qui peuvent se former pendant le travail de fermentation, tels que l'aldehyde, l'éther acétique et l'acétone. Ils ont constaté que tous ces produits sont fortement toxiques. Voici du reste les chiffres qu'ils fournissent :

(1) *Union médicale*, numéro du 2 août 1871.

(2) MM. Dujardin-Baumetz et Audigé appellent ainsi la quantité d'alcool nécessaire pour amener la mort de l'animal dans l'espace de 24 à 36 heures.

Pour tuer un chien de 20 kilogrammes il ne faut que

25	grammes	d'aldehyde,
80	»	d'acide acétique,
100	»	d'acétone (1).

D'un autre côté il résulte de recherches souvent répétées, et en particulier de celles de MM. Pierre et Peschol, que les eaux-de-vie du commerce, et spécialement celles qui proviennent de la fermentation des céréales et des betteraves, contiennent presque toujours une certaine proportion d'alcool propylique, butylique et amylique, et d'éther acétique, un stupéfiant très énergique (2).

De son côté, M. Rabuteau a constaté que l'alcool amylique, le plus toxique des esprits, existe — et souvent en proportion très notable — dans l'eau-de-vie de pommes de terre. On trouve de l'alcool propylique dans l'eau-de-vie retirée du cidre ; enfin ce dernier alcool se rencontre même dans la meilleure des eaux-de-vie, celle qu'on retire du vin: il paraît provenir du marc de raisin.

En résumé, les boissons spiritueuses livrées à la consommation courante ont une action nocive plus énergique que l'eau-de-vie de vin de première qualité, si rare dans le commerce, et que nous avons prise pour type, et le tableau des effets délétères des spiritueux sur l'économie humaine, tel que nous l'avons tracé, loin d'être trop coloré, devrait être singulièrement rembruni, pour exprimer la réalité pratique.

(1) Les recherches de MM. Dujardin-Baumetz et Audigé ont été communiquées à l'Académie des sciences le 26 juillet 1875. Ils ont fait une communication sur le même sujet au Congrès de Bruxelles le 2 août 1880. (*Congrès*, pag. 30.)

(2) Note à l'Académie des sciences, séance du 8 novembre 1876.

II

Effets des boissons fermentées.

Les boissons fermentées usitées dans notre pays sont, par ordre d'importance, la bière et le vin. Le cidre ne joue qu'un rôle insignifiant dans les habitudes de nos populations.

Quoique la bière soit notre véritable boisson nationale, nous donnerons, dans cette étude, le pas au vin, parce qu'il constitue un liquide beaucoup plus riche en alcool que la bière : dans l'ordre logique, il doit être placé immédiatement après les boissons spiritueuses.

Vin. — On peut considérer le vin, ou jus de raisin fermenté, comme constitué par les éléments suivants, tenus en solution dans l'eau :

1° Alcool. Dans le vin naturel, sa proportion varie entre 7 p. c. (vin de Bar) et 24 p. c. (vin de Marsala). Les vins de consommation courante en contiennent de 9 à 12 p. c. (1).

(1) Voici du reste un tableau où je consigne, d'après les autorités les plus sûres (MM. Bouchardat, Payen, Chevalier et Girardin), le coefficient alcoolique des principaux vins usités dans notre pays :

Noms des vins	Proportion d'alcool en volume	
Bar	7	p. c.
Bordeaux, qualité moyenne	9	»
Léoville	9,10	»
Saint-Émilion	9,21	»
Château-Latour	9,30	»
Saint-Estèphe	9,70	»
Mâcon	10	»
Volnay	11	»
Rhin	11,11	»
Champagne mousseux	11,60	»
Champagne rouge non mousseux	12,69	»
Chablis et Grave	12	»
Madère naturel	15,50	»
Xérès	17,63	»
Porto	20,22	»
Marsala	23,83	»

2° Acide carbonique. On ne le trouve qu'en faible proportion, sauf dans le vin mousseux, où il est introduit par compression.

3° Principes odorants constituant le bouquet. On peut admettre aujourd'hui deux bouquets dans les vins : l'un est commun à tous les produits de fermentation du moût de raisin, auxquels il donne l'odeur vineuse caractéristique. Ce bouquet provient de l'éther œnanthique, et se forme pendant l'acte de la fermentation; l'autre, spécial à certains vins et très variable d'ailleurs suivant les cépages, la nature du sol, les procédés de vinification et le degré de maturité du raisin, paraît dû à la présence d'une huile dont les éléments résident dans la pellicule du raisin, mais qui ne se développe que sous certaines influences et toujours pendant la fermentation. D'après M. Berthelot, ce principe appartiendrait au groupe des aldehydes très oxygénées. Sa proportion serait seulement de 1[30 000 à 1[15 000.

4° Acides végétaux libres. Le plus important est l'acide tannique ou tannin. Sa quantité varie entre $1^{gr},12$ par litre (vin de Bordeaux), et $0^{gr},79$ (vin de Bourgogne). Après le tannin, il faut encore citer les acides acétique, malique, valérique, etc., qu'on ne rencontre du reste dans les bons vins qu'en faible proportion.

5° Principes végétaux alibiles : sucre, gomme, pectine, mannite, etc. Leur proportion varie beaucoup : elle est de 13 à 14 grammes par litre pour les vins secs, et va jusqu'à 50 grammes pour les vins sucrés. On peut l'évaluer en moyenne à 20 grammes pour les vins de consommation courante.

6° Composés minéraux : potasse, soude, magnésie, fer, tous à l'état de sels. Il faut remarquer que ces composés faisant partie constituante de nos tissus et de nos humeurs, on doit les considérer comme alimentaires ; leur proportion varie de 1 gramme à 3 grammes par litre.

En évaporant le vin à la température de 100 degrés, il reste un extrait sec comprenant à la fois les substances

végétales et minérales plus ou moins alibiles et dont la quantité est d'environ 22 grammes par litre (1).

En tenant compte de la composition relative de ces deux ordres de boissons, on doit pressentir que le vin est beaucoup moins irritant pour nos tissus, et spécialement pour le tissu nerveux, que les eaux-de-vie et même les liqueurs spiritueuses les plus atténuées. Cela dépend de plusieurs circonstances. D'abord l'alcool est beaucoup plus dilué dans le vin que dans l'eau-de-vie, puisque celle-ci en contient près de 50 p. c., tandis que les vins que nous consommons habituellement n'en renferment que 8 à 12 p. c. Il faut remarquer en outre que, dans le vin comme dans la bière, l'alcool, intimement associé par le travail de fermentation aux autres principes constituants de ces boissons, n'agit pas sur l'organisme avec la même énergie que l'alcool de l'eau-de-vie. Ajoutons que cet esprit est, dans le vin, dilué dans une grande quantité d'eau ; il perd ainsi de son action irritante ; en outre l'eau active les fonctions des reins, organes chargés en grande partie de l'élimination du poison, et abrège son contact avec les tissus.

Enfin il faut noter que toutes les circonstances qui tendent à ralentir l'absorption de l'alcool diminuent le danger de l'intoxication. En effet, si l'alcool n'arrive dans le sang que peu à peu, et pour ainsi dire goutte à goutte, l'élimination restant la même, il en est rejeté à mesure qu'il y arrive. Sous ce rapport, il y a une grande différence entre l'action du vin et celle de l'eau-de-vie. Il entre dans les habitudes de la vie de prendre de préférence le vin au moment des repas, tandis que les vrais amateurs d'eau-de-vie

(1) Si nous ne prenons en considération que les principaux corps qui entrent dans la composition du vin, voici, d'après Bouchardat, dans quelle proportion on les trouve dans un litre de vin rouge de qualité moyenne :

Eau	878
Alcool	100
Bouquet	traces
Résidu fixe végétal et minéral.	22

la boivent à jeun. Dans le premier cas, la présence des aliments, et surtout des aliments gras, outre qu'elle mitige l'action du vin sur les tuniques de l'estomac, retarde son absorption. Dans le second cas, la vacuité de l'estomac active énormément l'absorption de l'eau-de-vie, et le poison est versé tout entier et instantanément dans le sang. Notons d'ailleurs que l'action locale de l'alcool sur la muqueuse gastrique, qui n'est pas protégée par les aliments, est beaucoup plus vive. Ajoutons encore que la présence du tannin dans le vin tend également, par son action astringente, à retarder son entrée dans le torrent circulatoire.

L'observation confirme ces prévisions théoriques. L'ivresse est plus rare et d'ailleurs moins brutale après l'abus du vin qu'après celui de l'eau-de-vie (1). Les acci-

(1) La statistique fournit à cet égard des renseignements curieux. Si à l'exemple de M. Lunier, nous groupons les départements de la France d'après la prédominance des boissons qu'on y consomme, nous trouvons dans un premier groupe ceux qui produisent abondamment du vin : ce liquide est la boisson habituelle des populations ; on fait peu d'usage de l'eau-de-vie, et on ne consomme guère que celle qui a pour base l'alcool vinique, c'est-à-dire la meilleure. Dans un second groupe, nous plaçons les départements qui ne produisent pas de vin : on y boit beaucoup plus d'alcools d'industrie, l'eau-de-vie de grains et de betterave.

Prenons pour type du premier groupe la Charente, et la Seine-Inférieure pour type du second.

Dans la Charente, la consommation du vin est de 224 litres par habitant et par an ; celle de l'alcool est de 91 centilitres, soit environ 2 litres d'eau-de-vie.

Dans le département de la Seine-Inférieure, la consommation annuelle du vin n'est que de 21 litres par habitant. En revanche, celle de l'alcool est de 10 litres, soit environ 22 litres d'eau-de-vie.

On sait que l'ivresse publique est poursuivie, en France, comme contravention devant les tribunaux de simple police (Loi du 3 février 1873).

Les cas d'ivresse poursuivies, c'est-à-dire, à peu près exclusivement les cas d'ivresse tapageuse et brutale, pendant les trois années 1874, 1875 et 1876, ont été pour la Charente de 7,49 pour 10 000 habitants, et pour la Seine-Inférieure de 76,62, c'est-à-dire dix fois autant.

Au reste, tous les relevés statistiques sur cette question sont concordants. Ainsi M. Yvernes, chef de division de la statistique au ministère de la

dents chroniques sont infiniment moins fréquents et moins graves chez les buveurs de vin que chez les buveurs de spiritueux. M. Lunier va même jusqu'à dire : Je ne crois pas que le vin pur, naturel, ait jamais produit un cas d'alcoolisme. M. Rabuteau exprime la même opinion. Je pense toutefois que mes savants collègues en émettant cette appréciation, ont quelque peu flatté leur boisson nationale.

Bière. — Rappelons d'abord la composition de ce liquide ; elle nous donnera la clef de ses effets sur l'organisme.

On boit en Belgique diverses espèces de bière, la bière indigène qui constitue la masse principale de la consommation, puis les bières allemandes et les bières anglaises. Toutes ces bières ont une composition analogue ; elles ne diffèrent que par la proportion relative de leurs principes actifs. On trouve dans la bière les éléments suivants en solution dans l'eau :

1° Alcool, 1 à 8 p. c.

2° Acide carbonique. Ses proportions sont très variables ; la bonne bière de garde contient à peu près son volume de gaz, tandis que les bières mousseuses en bouteille en renferment trois à quatre fois leur volume.

justice, en France, a fait un relevé dont je me borne à citer quelques chiffres. Si on considère deux régions opposées de la France, l'une (région du midi) consommant surtout du vin et peu d'eau-de-vie, l'autre (région du nord) dont les consommations sont en sens inverses, on constate que dans la région du midi où la consommation annuelle d'alcool n'est, par habitant, que de 80 centilitres, soit environ 2 litres d'eau-de-vie, les poursuites en matière d'ivresse s'élèvent seulement à 1 par 1950 habitants, tandis que dans la région du nord, où la consommation annuelle est de 5 litres 88 centilitres d'alcool, soit 12 litres d'eau-de-vie, le chiffre des poursuites pour ivresse est de 1 par 334 habitants (*Congrès de Bruxelles*, p. 67).

Il n'est guère douteux que les proportions relatives des cas d'alcoolisme chronique ne soient à peu près les mêmes que celles de l'ivresse, mais les recherches statistiques sur cette question sont fort difficiles, et n'ont pas été faites, que je sache.

3° Principe amer et principes aromatiques provenant du houblon ; difficiles à doser, tant leur proportion est faible.

4° Substances nutritives tertiaires ou quaternaires, c'est-à-dire non azotées ou azotées : sucre, dextrine, substances albuminoïdes. Ces composés entrent dans la composition de la bière dans la proportion de 4 à 6 p. c.

5° Substances minérales : chlorure de sodium et de potassium, phosphates de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, silice, oxyde de fer, tous corps qui entrent dans la composition normale de nos tissus et de nos humeurs, et quisont donc nutritifs (1). Additionnons ces deux ordres de substances, c'est-à-dire tous les principes végétaux et minéraux qu'on peut considérer comme nutritifs, et nous trouverons qu'un litre de forte bière de notre pays en renferme environ 50 grammes. Si nous voulions entrer dans de plus longs détails, nous constaterions avec Payen qu'un litre de bonne bière de Strasbourg, fabriquée exclusivement avec l'orge et le houblon, contient 80 centigrammes d'azote, ce qui correspond à 5gr,20 de matière albuminoïde ; on y trouve la même dose — 80 centigrammes — d'acide phosphorique, c'est-à-dire autant que dans 530 grammes de viande de bœuf ou 220 grammes de pain. L'acide phosphorique provient de l'orge. Les bières fortes de notre pays se rapprochent, pour leur composition, de celle de Strasbourg (2).

En résumé la bonne bière est une boisson de premier ordre. Elle apaise très bien la soif par l'eau qui en forme la base. Amie de l'estomac, elle favorise les fonctions diges-

(1) Une part importante revient aux phosphates et spécialement au phosphate de chaux dans les qualités nutritives de la bière. Ces sels ont une influence salutaire sur le développement des tissus osseux.

(2) Voici du reste un tableau où sont indiquées, pour les bières les plus usitées dans notre pays, les proportions de leurs principes essentiels, l'alcool et l'extrait solide comprenant les substances végétales et minerales alibiles ; les principes amers et aromatiques du houblon, qui jouent un rôle dans cette boisson, ne sont pas pondérables. Nous indiquons ces proportions

tives par les principes stimulants qu'elle contient en quantité modérée, l'alcool et les principes amers et aromatiques du houblon, enfin par l'air et l'acide carbonique qu'elle renferme. L'action légèrement stimulante qu'elle exerce sur les voies digestives se répète, après son absorption, sur tous les appareils et spécialement sur les centres nerveux cérébro-spinaux et ganglionnaires.

C'est une boisson douée de qualités nutritives qu'elle doit aux aliments respiratoires, aux matières azotées et aux sels qu'elle renferme et que nous avons évalués à 50 grammes par litre, en moyenne. A dose modérée, la bière de bonne qualité n'a pas d'action nocive chez les sujets sains. Ainsi on n'observe pas les accidents locaux que provoquent les boissons distillées, c'est-à-dire l'irritation des voies digestives, parce que l'alcool est dilué dans une grande masse d'eau et comme enveloppé de substances inoffensives. Pour la même raison, l'ivresse complète se produit rarement à la suite de l'ingestion de bières ordinaires. L'observation prouve que les accidents de l'alcoolisme chronique sont fort rares chez les buveurs de bière.

Mais il faut bien se garder de conclure de ce panégyrique de la bière que cette boisson est toujours inoffensive. Elle peut nuire par sa quantité et par ses qualités.

Les grands buveurs, même quand ils n'usent que de bières d'une force moyenne, peuvent, à la longue, éprouver

pour mille grammes de bière, c'est-à-dire à peu près un litre; le litre de bière pèse en effet de 1004 grammes à 1030.

	alcool	extrait
Ale de Londres	70 à 80	60
Bière de Munich	50	50
Bière forte de Strasbourg . . .	45	40
Double Uitzet de Gand	45	50
Faro de Bruxelles	40	30
Peterman de Louvain (jeune) . .	35	80
Bière blanche de Louvain (jeune).	2	40
Bière d'orge, première qualité . .	30	40
Bière brune commune	15 à 20	30

quelques accidents de l'alcoolisme. C'est du côté de l'estomac et des reins qu'on les observe le plus souvent. Autrefois les ouvriers brasseurs de Louvain avaient la permission de boire à peu près à discrétion la boisson qu'ils fabriquaient ; le catarrhe de l'estomac et l'albuminurie étaient des maladies très fréquentes chez ces travailleurs.

La bière peut devenir nocive par ses qualités. Ainsi sa richesse en alcool peut être exagérée. Nous nous contentons difficilement aujourd'hui des bières modérément alcoolisées dont usaient nos pères : il nous faut des bières plus stimulantes qui nous mordent aux nerfs, et ce besoin explique l'invasion toujours croissante parmi nous des bières fortes de l'étranger et surtout de l'Angleterre. Or l'homme qui boit en vingt-quatre heures un litre de pale ale absorbe 8 à 9 centilitres d'alcool, c'est-à-dire autant que le buveur qui prend dans le même temps cinq à six petits verres d'eau-de-vie (1). Quoique l'alcool soit plus dilué et, par suite, moins irritant dans le pale ale que dans l'eau-de-vie, on peut prévoir qu'il déterminera à la longue ses effets délétères ordinaires. L'observation confirme cette prévision. J'ai donné des soins à un homme appartenant à la plus haute société. D'une constitution magnifique, d'une sobriété à toute épreuve pour le vin et pour les liqueurs spiritueuses, il semblait appelé comme ses ancêtres à la longévité. Je ne sais par quelle fatalité il s'éprit d'une véritable passion pour le pale ale, dont il absorbait souvent jusqu'à deux litres par jour. C'est la seule faiblesse qui déparât ses éminentes qualités. J'ai assisté, témoin affligé et impuissant, à l'évolution progressive des accidents de l'alcoolisme, et je l'ai vu mourir à la fleur de ses années.

Il faut reconnaître toutefois que l'excès de richesse alcoolique est un vice fort rare dans la bière ; on ne le ren-

(1) Le petit verre de nos cabarets contient environ trois centilitres, c'est-à-dire, un centilitre et demi d'alcool, l'eau-de-vie contenant près de 50 pour cent de cet esprit.

contre que dans les bières étrangères. Mais nos bières indigènes offrent souvent d'autres défauts plus graves. Elles sont souvent mal fabriquées, soit par suite d'un vice de procédés, soit par une économie excessive de leurs éléments essentiels, l'orge et le houblon. Parfois on remplace le houblon par le buis, le trèfle d'eau, ou, ce qui est plus grave, par de véritables poisons comme la graine de colchique, la noix vomique, la coque du levant, l'acide picrique. Elles peuvent en outre contenir accidentellement d'autres corps toxiques, tels que l'acétate de plomb ou de cuivre provenant des ustensiles qui ont servi à les fabriquer, à les conserver où à les débiter (1). Enfin les bières sont sujettes à des maladies qui en font des boissons fort insalubres, comme la fermentation acétique, la fermentation visqueuse, la moisissure.

Cidre. — Un mot seulement. Dans notre pays, la consommation de cette boisson est presque nulle, tandis qu'en France, elle s'élève annuellement de quatre à seize millions d'hectolitres, d'après l'abondance des pommes.

Le cidre contient de 2 à 8 p. c. d'alcool en volume ; des matières végétales comme l'acide malique, le sucre et la gomme, les substances azotées y faisant presque complètement défaut ; enfin de faibles proportions de chlorures, de phosphate de chaux, etc. Le résidu végétal et minéral n'est guère que de 16 pour mille.

(1) Il est peu de médecins qui n'aient eu l'occasion d'observer des faits du genre de celui-ci. J'ai été consulté, il y a quelques années, par un habitant de Malines qui présentait tous les symptômes d'une paralysie saturnine. Je ne parvins pas à reconnaître la source de l'intoxication. Quelques semaines après, un autre habitant de la même ville vint demander mes conseils; il était atteint de la même maladie à un degré moins avancé, et il m'était envoyé par mon premier malade, qui était un de ses amis. Cette circonstance me donna à réfléchir, et en interrogeant le second patient, j'appris qu'ils passaient leurs soirées au même établissement, où ils avaient l'habitude de prendre quelques verres de bière tirées à la pompe. Je ne pouvais guère douter que la source de l'empoisonnement ne se trouvât dans les tuyaux de plomb de cet appareil. J'ai su depuis, par un médecin de Malines, que plusieurs habitués de la même maison avaient subi la même intoxication.

En somme le cidre est une boisson fort inférieure à la bière, et que nous avons peu d'intérêt à introduire dans les habitudes de nos populations.

Pour clore la série des atteintes que l'alcool peut porter à la vie humaine, il nous reste à parler des accidents et des morts violentes qui lui sont imputables. Nous serons brefs.

L'alcool rend l'homme le plus paisible irritable et violent, téméraire et maladroit. Il joue avec sa vie et avec celle des autres. De là des coups, des blessures, des chutes, des accidents de tout genre, souvent graves, quelquefois mortels.

En France, la moyenne annuelle des morts accidentelles attribuées à l'usage immodéré des boissons alcooliques est de 404. Les départements qui consomment le plus d'alcool, et surtout d'alcool d'industrie, sont ceux dans lesquels on a relevé le plus grand nombre de morts accidentelles provenant de cette source. Elles sont pour ainsi dire inconnues, ou au moins très rares, dans les départements qui consomment le plus de vin, comme le Var, l'Hérault, la Côte-d'Or (1).

Quelquefois, au lieu d'accidents individuels, l'ébriété entraîne des hécatombes. Plus d'une catastrophe de chemin de fer s'explique par cette cause. D'après une commission d'enquête instituée en Angleterre, sur 100 naufrages, plus de 50 sont la conséquence de l'abus des spiritueux (2) ; aussi les sociétés d'assurances maritimes accordent-elles une forte réduction de prime aux navires qui n'ont aucune liqueur à bord. Enfin un grand nombre de morts volontaires doivent être attribuées à l'alcool. En France, où le ministère de la justice classe les suicides d'après leur motif présumé, on attribue aux spiritueux 13 morts volontaires sur 100 (année 1876).

(1) Lunier. *Congrès de Bruxelles*, p. 217.
(2) *Morning Herald* du 17 mars 1843.

Le Rev. Böotcher, après une investigation rigoureuse, arrive pour l'Allemagne à une proportion beaucoup plus considérable : le nombre des suicides étant annuellement de 1800, il croit devoir fixer sans aucune exagération le nombre de ceux qui ont pour cause l'abus des boissons fortes à 1000 (1).

Jusqu'ici nous n'avons considéré l'action des boissons spiritueuses qu'au point de vue de la santé physique des populations. Il nous reste à indiquer l'influence des abus alcooliques sur leur santé morale.

Nous examinerons successivement la part qui revient aux excès de boissons dans l'extension du paupérisme, des délits et des crimes.

Influence des abus alcooliques sur le paupérisme. — Dans tous les pays du monde, les progrès du paupérisme marchent du même pas que les envahissements des boissons fortes. C'est un fait que la plus simple réflexion permettait de prévoir et que l'expérience a mis hors de doute.

Pour satisfaire un besoin factice, l'ouvrier prélève tous les jours une petite somme sur son maigre budget. Le jour de paie, il dépense souvent, avant de rentrer au logis, une partie notable du salaire de la quinzaine. En même temps que les dépenses augmentent, les recettes diminuent, et cette réduction tient à plusieurs causes : dans beaucoup de localités, les ouvriers se livrent, le lundi, au farniente et à la boisson ; le salaire de cette journée est perdu, et celui du mardi est souvent réduit par les indispositions qui succèdent aux excès de la veille. L'homme livré aux abus alcooliques perd de ses forces, la somme du travail dont il est capable diminue graduellement, et la rémunération baisse dans la même proportion. Ajoutons que souvent des maladies d'origine alcoolique lui imposent un chômage de quelques semaines, en attendant qu'une mort prématurée

(1) Huydecoper, ouvr. cité, p. 68.

l'enlève à sa famille. Or, on peut considérer le salaire de l'ouvrier comme la rente viagère d'un capital facile à évaluer. En prenant une moyenne, on peut admettre que l'ouvrier belge travaille dans la plénitude de ses forces pendant trente ans. Le revenu annuel de son travail est de 800 à 900 francs. Chaque année retranchée de la vie de l'ouvrier par l'empoisonnement alcoolique enlève donc, avec sa vie et son travail qui constitue le capital, le revenu de 800 à 900 francs à l'avoir social et à celui de sa famille.

Ce n'est pas tout : pour apprécier ce que la consommation de l'alcool enlève à la fortune publique, et par conséquent à l'avoir de chaque citoyen, il faudrait calculer la somme énorme qui se dépense chaque année pour la fabrication d'une boisson toxique, l'eau-de-vie (1) ; il faudrait supputer les dépenses faites par l'Assistance publique pour recueillir les victimes de l'eau-de-vie, et par l'État pour les prisons, dont la population est composée en grande partie d'alcoolisés (2). Mais ces calculs nous entraîneraient trop loin.

(1) M. Ernest Picard évalue la consommation annuelle d'eau-de-vie en France à deux millions d'hectolitres ; la valeur de l'hectolitre est de 200 francs, au plus bas prix où le consommateur le paie. Total quatre cents millions.

En 1878, dans les îles Britanniques, d'après le rapport des fonctionnaires de l'accise ou taxe sur les boissons (*excise returns*), on a consommé :

Esprits de provenance indigène pour	fr.	753 967 875
Esprits d'origine étrangère	»	31 909 100
Total . . .	fr.	1 069 876 975

Ajoutons à cette somme la valeur des boissons fermentées (dont on doit d'ailleurs considérer l'usage modéré comme légitime) :

Vins importés pour	fr.	366 126 625
Boissons fermentées, dites vins britanniques, pour . .	»	43 750 000
Bières pour	»	2 094 968 900
Total . . .	fr.	2 504 845 525
Total de la valeur des boissons distillées et des boissons fermentées	fr.	3 574 722 500

(2) On estime en Angleterre les dépenses occasionnées par les procédures criminelles et les maisons de condamnés, pour cause d'ivrognerie seulement, à 225 millions de francs

Le plus simple raisonnement force donc à reconnaître que la consommation des boissons spiritueuses appauvrit les États et les familles.

L'expérience de tous les temps et de tous les pays confirme cette thèse. Jetons un coup d'œil sur les documents que la statistique nous fournit sur cette question.

Aux États-Unis, on attribue principalement le paupérisme au penchant irrésistible des basses classes pour le rhum, l'eau-de-vie et le whisky. De 1823 à 1826, les hospices de Philadelphie recevaient annuellement de 4000 à 5000 pauvres, presque tous réduits à la mendicité par des excès de boisson.

D'après les renseignements fournis par un bureau de bienfaisance, sur 1969 indigents recueillis en 1831 dans un dépôt de mendicité, 1790 étaient tombés dans la misère par suite de l'abus des boissons spiritueuses.

Les deux tiers des détenus pour dettes dans les États du centre et du nord, où la loi permet l'incarcération pour de modiques sommes, se trouvaient dans cette position parce qu'ils étaient adonnés à l'ivrognerie (1).

En Angleterre, dès 1834, un comité nommé par le parlement pour étudier le problème qui nous occupe, constatait que l'ivrognerie des classes inférieures était la cause principale de leur misère.

L'auteur d'un article publié dans la *Revue des deux mondes* (2) a calculé, sur des renseignements peut-être un peu vagues, que, sur un million de pauvres assistés dans le royaume, on trouve huit cent mille buveurs.

Le docteur Stephen Alford, s'appuyant sur les documents les plus sûrs, estime que l'ivrognerie, en enlevant aux familles leurs chefs pour cause de maladie, de mort, de folie, de condamnation judiciaire, impose à l'Angleterre une

(1) Frère-Orban. *De l'abus des boissons enivrantes.* Documents déposés à la chambre des représentants, 1868, p. 11.

(2) Numéro de février 1877.

dépense annuelle de 250 millions pour l'entretien de ces familles (1).

Voilà la preuve directe de la thèse; en voici la contre-épreuve. Il existe en Angleterre et dans le pays de Galles environ 1500 paroisses qui n'ont pas de débits de boissons alcooliques : elles n'ont presque pas de pauvres à nourrir. A Saltaire, ville de 4000 habitants au nord de l'Angleterre, dit M. Senior, il n'y a que deux cabarets patentés pour le débit des boissons fortes, et encore la consommation sur place y est-elle défendue. Le résultat de ces mesures extrêmes a été très remarquable: la population est industrieuse et satisfaite, les enfants sont bien nourris, bien vêtus et fréquentent régulièrement les écoles, les maisons sont meublées avec confort; plus d'une fois on a eu recours à un plébiscite pour ou contre cette sévère restriction des débits, et chaque fois la population en a voté le maintien à l'unanimité (2).

M. Senior cite encore un village de 800 âmes où, à l'exception d'un idiot, il n'y a pas un seul indigent et où, par suite, il n'y a pas de taxe des pauvres.

Dans beaucoup de villages de l'Écosse, le même mouvement se produit : dans un grand nombre de localités, on ne trouve plus un seul cabaret, et le bien-être général y fait de grands progrès (3).

(1) *Congrès de Bruxelles*, p. 278.

(2) Je ne fais ici que constater un fait ; je n'examine pas pour le momen si ces mesures excessives, en restreignant à l'excès la vie publique, n'entraînent pas, comme contrepoids de leurs bienfaits à l'endroit de l'ivrognerie, de graves inconvénients d'un autre ordre.

(3) *Congrès de Bruxelles*, p. 174.

M. de Colleville a produit, dans la séance du Congrès du 5 août, une statistique curieuse. De 1870 à 1876, dit-il, le Royaume-Uni a dépensé en boissons alcooliques 23 521 672 125 francs; plus pour paupérisme et police 2 492 852 750 francs. Avec cette somme, l'Angleterre aurait pu, en 1876, payer sa dette nationale tout entière, et il serait encore resté dans son échiquier 5 400 000 000 francs.

Si le Royaume-Uni avait employé l'argent bu (on peut se permettre cette expression) durant ces années-là, à racheter, en 1876, ses 25 888 kilomètres

En France, tous les statisticiens s'accordent pour reconnaître que c'est dans les départements où la consommation des boissons spiritueuses est le plus considérable que le paupérisme fait le plus de progrès.

En Belgique, tous ceux qui se sont occupés des conditions ouvrières ont constaté que l'abus des boissons enivrantes est une des principales causes de la misère. Les écrits du regretté Ducpétiaux sont remplis de documents qui confirment cette assertion.

Influence des abus alcooliques sur la criminalité. — Tous les juges, dit M. Huydecoper, sont d'accord avec les administrations et les inspecteurs des prisons de tous les pays, pour attribuer les quatre cinquièmes des délits à la boisson, soit directement, soit indirectement, et pour assurer qu'elle est aussi la cause des sept huitièmes des rixes sanglantes et des contraventions de police (1).

Mais entrons dans quelques détails.

En Amérique, la statistique officielle de la prison d'Albany constate que sur 24 590 individus incarcérés pendant une période de vingt-sept ans, 23 377, c'est-à-dire les dix-neuf vingtièmes, étaient des ivrognes de profession.

de chemins de fer, il serait encore resté dans son trésor, 8 313 664 425 francs, c'est-à-dire presque assez pour construire deux tiers en plus de railways. Si les grains et autres produits du sol employés pour fabriquer les boissons enivrantes de ces sept années-là, l'avaient été à faire du pain, les îles Britanniques auraient eu environ 16 600 000 000 kilogrammes de nourriture à consommer en plus, et cela eût plus que suffi à toute leur population pendant deux ans... Au lieu de ces avantages, qu'a eu l'Angleterre pour l'argent livré aux fabricants de boissons qui ne donnent ni forces, ni nourriture, ni santé ? L'Angleterre a eu des boissons qui lui ont conservé en permanence annuelle une moyenne de 700 000 ébrieux, formant pour ces mêmes sept ans 4 900 000 ivrognes, desquels 1 203 524 ont été arrêtés pour flagrant délit d'ivrognerie avec désordre public. En outre 3 203 990 condamnations pour crimes et délits, ont été prononcées, et les juges britanniques estiment qu'à peu près les neuf dixièmes sont dues à l'ébriété.

(1) *De l'abolition des boissons fortes*, traduit du hollandais par Bouquié-Lefebvre, 1817, p. 47.

On a calculé que, 52 fois sur 100, les crimes et les délits qui avaient motivé l'emprisonnement reconnaissaient l'ivrognerie pour cause.

De leur côté, les inspecteurs de la maison de correction de Boston, invités à faire connaître leur opinion sur la question de savoir jusqu'à quel point l'ivrognerie a pu contribuer aux délits qui ont amené des détenus renfermés dans cette maison, déclaraient, en 1834, qu'après de mûres réflexions, et prenant la moyenne de leurs évaluations respectives, ils étaient arrivés à ce résultat : les sept huitièmes des condamnations ont été amenées plus ou moins directement par le vice de l'intempérance (1).

L'Angleterre offre une situation analogue. M. de Colleville a réuni avec le plus grand soin les documents judiciaires sur l'année 1878, et il est arrivé à ces conclusions : en Angleterre et dans le pays de Galles, c'est-à-dire dans une portion du royaume comprenant environ 22 millions d'habitants, sur 730 000 actes d'accusation relevant des cours d'assises et des chambres de justice, 346 000, c'est-à-dire près de la moitié, reconnaissent certainement pour cause l'excitation alcoolique des prévenus. M. de Colleville s'est montré très scrupuleux pour admettre l'action de l'alcool ; il l'a éliminée dans tous les cas qui prêtaient au moindre doute, et il affirme qu'il serait arrivé au chiffre de 657 610 au lieu de 346 000 s'il n'avait pas obéi à ce scrupule. Le savant publiciste anglais constate que, depuis 40 ans, la progression des crimes et des délits a suivi la progression des consommations des liqueurs alcooliques (2).

Voici la contre-épreuve des documents statistiques de M. de Colleville à la charge de l'alcool. Des documents adressés à la chambre des communes et à celle des lords; et émanant du clergé, des magistrats, des directeurs de prisons et de workhouses, établissent que les quatorze

(1) Frère-Orban, ouvr. cité, p. 11.
(2) *Congrès de Bruxelles*, p. 575.

ou quinze cents paroisses de l'Angleterre et du pays de Galles qui n'ont pas de débits de boissons alcooliques, et les villages d'Écosse qui sont dans la même condition, échappent à la corruption générale : s'il faut prendre à la lettre les certificats de moralité délivrés à ces paroisses, les délits y seraient fort rares et le crime à peine connu. M. Senior cite comme exemple la ville de Possil-Park, où il n'y a pas un seul cabaret et qui, dans le cours d'une année, n'a pas présenté un seul crime ; il n'y existe qu'un seul sergent de ville, et il n'y a pas de prison (1).

Dans les trois grandes paroisses de Dolphinton, Dunsyre et Walston où il n'existe pas de maison munie de licence pour la vente des boissons enivrantes, il n'y a pas eu une seule poursuite criminelle pendant le cours de ces trois dernières années.

Le docteur Stephen Alford a communiqué au Congrès de Bruxelles des renseignements intéressants sur la question. « Lors du Congrès social de Liverpool, en 1876, dit-il, je siégeai un matin en cour de justice avec M. Aspinall, et je pus m'assurer que, sur les 250 cas d'emprisonnement du lundi précédent, 183 étaient dus à l'ivrognerie. » M. Webster, gouverneur de la prison de Hull, dans un rapport récent, constate que 75 p. c. des prisonniers attribuaient leur chute à des habitudes ébrieuses... Le Rev. Hough, ci-devant chapelain de la maison de détention de Londres, estime que 85 p. c. des emprisonnements sont dus à l'ivrognerie (2).

En France, les relevés faits par M. Yvernes, chef de division de statistique au ministère de la justice, nous fournissent les renseignements suivants : le premier principe violé par l'homme ivre, c'est le respect de l'autorité ; en effet, sur 100 individus jugés pour rébellion, 35 étaient en état d'ivresse ; la proportion est de 28 p. c. pour les prévenus d'outrages envers les agents de la force publique ; les

(1) *Congrès de Buxelles*, p. 175.
(2) *Congrès de Bruxelles*. p. 273, et suiv.

délits politiques commis par la parole donnent une proportion de 20 p. c.; viennent ensuite les destructions de clôture, ou d'arbres, 14 p. c. ; les outrages à la religion ou aux ministres des cultes 13 p. c.; l'outrage public à la pudeur 11 p. c.

En ce qui concerne la grande criminalité, la statistique judiciaire est malheureusement insuffisante ; le seul renseignement qu'elle fournisse est relatif aux crimes de meurtre commis dans des querelles de cabarets : de 1874 à 1878, ils ont été de 65 sur 622, c'est 10 p. c. (1).

En Italie, d'après M. Lancia di Brolo, de Palerme, les *crimes de sang*, dus à l'alcool, sont dans la proportion de 30 p. c. (2).

En Hollande, d'après des relevés faits avec la plus grande modération, les trois quarts des attentats commis contre les personnes et le quart de ceux commis contre les propriétés sont attribués aux boissons fortes (3).

En Belgique, sur une population de 3951 condamnés civils, y compris les militaires condamnés en vertu du code pénal ordinaire, que présentaient les maisons centrales et pénitentiaires au 31 décembre 1849, on en comptait 1080, soit 27 p. c., notoirement adonnés à l'ivrognerie. Au 31 décembre 1860, la proportion était à peu près la même, soit 25 p. c.

Dans la séance du 31 décembre 1850 de la Commission centrale de statistique, M. Faider a déposé, sur les causes de la criminalité en Belgique, un rapport présentant le résumé de l'enquête instituée sur la proposition de la Commission centrale. Après avoir passé en revue les travaux des commissions provinciales sur les causes de la criminalité, il signale comme les causes les plus générales et les plus apparentes, l'ignorance, l'irréligion et l'intempérance.

(*La suite prochainement.*)

Dr Lefebvre,
Professeur à l'Université catholique de Louvain.

(1) *Congrès de Bruxelles*, p. 66.
(2) Ibid., p. 71.
(3) Huydecoper, ouvr. cité, p. 65.

BIBLIOGRAPHIE

I

Traité de Géologie par A. de Lapparent, ancien ingénieur des mines, professeur à l'Institut catholique de Paris. Paris, Savy, 1er fascicule.

Voici un traité dont l'apparition doit être saluée avec satisfaction par tous les adeptes de la géologie, et principalement par les lecteurs français. Le premier fascicule de 160 pages, que nous avons sous les yeux, annonce une œuvre sérieuse qui manquait à notre littérature scientifique. Les mémoires et les descriptions géologiques ne nous font pas défaut; au contraire, ils se multiplient avec une progression rapide qui montre que l'exploration du sol est de plus en plus en faveur. Mais nous sommes pauvres en traités généraux écrits en français. Les dernières éditions de l'*Abrégé* de d'Omalius, le *Prodrome* de M. Vézian, le petit traité de Leymerie, les *Éléments de Géologie et de Paléontologie* de M. Contejean, ceux de M. Raulin, la traduction des *Principles* et des *Elements of Geology* de Lyell, voilà, pour s'en tenir aux vingt dernières années, à peu de chose près tout ce que nous possédions en fait d'ouvrages ayant pour but l'exposé méthodique de la science (1). Heureusement parut en

(1) Nous n'énumérons ici que les traités de géologie proprement dits, et nous jugeons inutile de mentionner, comme contingent scientifique de la France, des livres tels que ceux de l'abbé Lambert, de Figuier, etc., qui n'ont d'autre but que de donner quelques notions générales de géologie, ou d'amuser en instruisant. Nous mettons à part, bien entendu, l'excellent *Cours élémentaire de Géologie* publié par M. Gosselet en 1876. Celui-là est fait de main de maître. Mais l'intention de l'auteur est moins d'exposer l'état de la science que d'inculquer aux débutants quelques principes essentiels, de les orienter sur le terrain et de les mener immédiatement à la pratique de l'observation. A cet égard, c'est une œuvre très remarquable, et où transpirent à la fois les mérites du savant et ceux du professeur.

1878 une traduction des *Elemente der Geologie* du docteur H. Credner : livre capital où la science géologique, telle que l'ont faite les travaux contemporains, est esquissée par un savant de grande érudition, avec autant de concision que de profondeur. Mais le livre de Credner choisit avant tout ses exemples et ses types en Allemagne, comme il convient à un professeur à l'Université de Leipzig. De plus, il est écourté sur le chapitre des doctrines géologiques. D'ailleurs, rien n'égale l'élégance et la clarté françaises, quand elles sont unies à la solidité du savoir. Il est donc éminemment désirable d'entendre, sur les mêmes sujets, un naturaliste doué de cet art de l'exposition où les Français n'ont pas de rivaux, et joignant au talent d'écrire la connaissance approfondie des doctrines, des procédés et des principaux résultats d'une branche de l'histoire naturelle qui de nos jours marche à pas de géant.

Nos lecteurs connaissent déjà l'introduction mise par M. de Lapparent au commencement de son livre. C'est l'article qui a paru sous le titre : *La Géologie, son histoire et sa méthode* (1). Ils auront remarqué comment M. de Lapparent, à l'exemple de ses devanciers, cherche à préciser l'objet propre de la géologie. Pour lui comme pour tout le monde, c'est bien la science qui traite de la structure et du développement successif de la terre ; mais il signale, avec plus de rigueur qu'on ne le fait d'ordinaire, la distinction de la géologie et de plusieurs autres sciences, auxquelles elle est tenue cependant de recourir sans cesse, comme la lithologie, la paléontologie, etc. La mission propre du géologue, dit-il avec une grande vérité, est de reconnaître en place *les rapports mutuels de position* des roches et des ensembles organiques. Des associations et des juxtapositions constatées de cette manière sur divers points de la surface terrestre, on peut déduire certainement l'ordre de succession des phénomènes physiques et celui des faunes et des flores sur le globe ; et cela permet de saisir ensuite avec plus ou moins de vraisemblance le mode d'action variable des forces naturelles durant la longue série des âges. M. de Lapparent embrasse tous ces points de vue dans cette définition d'une remarquable élégance : La géologie est l'étude de *l'ordre* suivant lequel les matériaux du globe terrestre ont été disposés dans le temps et dans l'espace. D'ailleurs, dans cette idée d'ordre qui domine la science de la terre, M. de Lapparent reconnaît avant tout la manifestation nécessaire d'une Intelligence infinie et d'un Ordonnateur suprême : d'accord en cela avec Beudant, Buckland, Élie de Beaumont, Murchison, Dana, Naumann, Bronn, Queenstedt, Lyell, Oswald Heer, et tant d'autres qu'on pourrait citer à côté ou à la suite de ces hommes illustres.

Après quelques pages consacrées à l'histoire de la science, l'auteur

(1) *Revue des quest. scient.* Avril 1881.

expose la méthode de la géologie, c'est-à-dire la nature et la suite des questions qu'il convient d'aborder successivement. Cette méthode, comme toutes les méthodes, découle naturellement de l'ensemble de notre connaissance du sujet; et c'est pourquoi M. de Lapparent esquisse dans ses traits principaux l'histoire générale de la terre en partant de l'hypothèse de Laplace et des conclusions tirées de l'observation immédiate du globe. Dans le jeu des agents qui se sont exercés sur le globe à partir des époques reculées et qui l'ont façonné tel qu'il est aujourd'hui, il faut reconnaître des lois et des forces *d'essence identique* à tous les âges de la planète, mais dont les *modalités* ont pu différer considérablement selon les temps et les lieux. L'étude des phénomènes et des modifications qui se produisent actuellement à la surface ou à l'intérieur du globe nous éclaire donc sur la signification géologique des productions similaires trouvées dans les terrains antérieurs, et en même temps, cette étude met sur la voie des sources auxquelles il faudra remonter pour découvrir l'origine des produits qui n'ont pas d'anologues aujourd'hui. M. de Lapparent en conclut, et avec raison selon nous, que l'examen des transformations actuelles de l'écorce du globe doit figurer, en même temps que les données relatives à la figure de la terre, dans les débuts d'un traité comme dans ceux d'un cours de géologie : et nous pensons que notre savant collègue est plus fidèle à la vraie nature des choses, en agissant de la sorte, que Dana et d'Omalius, par exemple, qui rejettent systématiquement toutes les considérations géogéniques à la fin de leurs ouvrages (1).

D'après les bases précédentes, M. de Lapparent divise son traité en deux parties. La première, sous le titre de *phénomènes actuels*, comprend trois livres, dont le premier a pour objet la Morphologie terrestre, le second la Dynamique terrestre externe, et le troisième la Dynamique terrestre interne. Ces dernières expressions correspondent à ce qu'on désigne communément en géologie par actions d'origine externe et par actions d'origine interne.

La seconde partie de l'ouvrage, sous le titre de *Géologie proprement dite*, sera consacrée à l'étude des phénomènes du passé. Elle sera partagée en quatre livres sous les titres suivants : composition générale de l'écorce terrestre ; formations sédimentaires ou d'origine externe ; formations éruptives ou d'origine interne ; dislocations de la croûte du globe et théories géogéniques.

(1) La séparation absolue de la Géognosie et de la Géogénie se maintient très bien dans une définition, elle est très difficile à garder dans la pratique. Les livres qui traitent spécialement de géognosie, tels que le *Lehrbuch* de Naumann et *Grundzüge* de G. Leonhard font souvent appel aux causes dans les parties purement descriptives : ils adoptent la méthode mélangée, *gemischte Methode*, dont parle Naumann. (*Lehr. der Geognosie*, t. I. p. 8.)

Le premier fascicule qui vient de paraître comprend le livre traitant de la Morphologie terrestre et les commencements du livre consacré à la Dynamique exterue du globe.

L'auteur distingue dans la Morphologie d'abord les données relatives à la configuration générale du globe, données qui sont d'une immense importance au point de vue de son histoire, puisqu'elles sont l'expression dernière de la longue série des phénomènes dont il a été le siège pendant les époques antérieures. Là figurent d'abord les relations astronomiques, telles que l'inclinaison de l'axe de rotation diurne, la précession et les variations de l'excentricité de l'orbite ; ensuite les dimensions propres de la terre, son aplatissement, sa densité, la répartition des mers et des continents, le relief moyen de ces derniers au-dessus du niveau des océans, la dissymétrie des saillies continentales. Toutes ces considérations empruntées à l'astronomie, à la géodésie, à la géographie la plus récente, sont interrogées au point de vue des lumières qu'elles sont à même de projeter sur les temps antérieurs de la terre, et M. de Lapparent peut y revendiquer dans plusieurs circonstances une part originale. Nous signalerons, comme exemple, les recherches de l'auteur concernant l'altitude moyenne des divers continents. Le chiffre de 306 mètres d'altitude pour l'ensemble des terres, proposé autrefois par Humboldt, avait été accru notablement par MM. de Sydow, Levasseur, Leipoldt, etc. M. de Lapparent, en décalquant sur papier quadrillé au millimètre des courbes de niveau consignées dans les cartes le plus récemment publiées par Hermann Berghaus et par Reclus, arrive comme résultat moyen au chiffre de 646 mètres d'altitude pour la hauteur moyenne de toutes les terres, chiffre supérieur de 200 mètres environ à celui qui a été récemment admis par M. Richard Andrée dans son atlas en cours de publication. C'est en particulier l'examen des grands plateaux asiatiques qui contribue à cette différence. Nous signalerons egalement les beaux chapitres consacrés à la distribution réelle et à la dissymétrie des reliefs du globe Là, M. de Lapparent discute la formule célèbre de Guyot et de Dana, suivant laquelle les plus hautes chaînes coïncident nécessairement avec la bordure des plus grands océans. L'auteur corrige fort heureusement les termes de cette formule, trop facilement acceptée dans son énoncé primitif par un esprit aussi positif que Credner, en y faisant intervenir comme condition d'application nécessaire l'époque relative du surgissement des montagnes. A cette occasion, l'auteur rapproche le profil des saillies continentales et celui que les récents sondages font reconnaître dans l'Atlantique et le Pacifique. Il montre comment l'inégalité d'inclinaison des versants opposés, qui est la règle dans les rides montagneuses, répond à une disposition réciproque des dépressions marines, et que les plus notables inégalités de la croûte terrestre sont assimilables à des plis gigantesques constituant par

leurs arêtes supérieures les crêtes montagneuses les plus élevées, et atteignant par leurs arêtes opposées aux plus grandes profondeurs océaniques. Des plis de ce genre accusent avec la plus entière évidence les refoulements latéraux subis par l'enveloppe du globe, et démontrent par conséquent la contraction progressive de cette enveloppe sur son noyau central. Au surplus, ces considérations, neuves en grande partie et qui ont tant de portée dans la théorie de la terre, ne doivent pas être étrangères à nos lecteurs (1).

Sous le nom de *Physiographie*, M. de Lapparent entend une seconde section de la Morphologie qui vise les conditions physiques et physiologiques de l'époque actuelle. L'acception de ce terme de Physiographie est prise communément dans un sens plus large que le fait ici M. de Lapparent; les géologues y comprenant également ce que notre auteur appelle Morphologie proprement dite. Peut-être notre savant collègue eût-il mieux fait de s'en tenir à l'usage accepté, afin d'éviter, autant qu'il se peut, la disparité de nomenclature, un des fléaux de la géologie contemporaine. Quoi qu'il en soit, cette section de la Physiographie comprend la répartition de la chaleur à la surface du globe, aussi bien sur les continents que dans l'atmosphère et les mers, celle du magnétisme terrestre, et enfin la distribution de la vie organique aérienne et aquatique.

On rencontre là d'excellents chapitres de géographie physique, élaborés à l'aide de renseignements acquis pour la plupart à la science depuis bien peu d'années. Ces renseignements, qui ont considérablement modifié les idées relativement à la météorologie, à la température des profondeurs marines, à la répartition bathymétrique des êtres marins, etc., sont entièrement passés sous silence ou énoncés d'une manière très insuffisante dans la plupart des traités. La nécessité d'insister sur cet ordre de considérations à propos de géologie se faisait moins sentir autrefois, quand la connaissance des lois de l'atmosphère et surtout celle des océans étaient extrêmement imparfaites. Au point où la science est parvenue aujourd'hui, il est de la plus grande importance d'exposer succinctement, mais avec netteté, cet ordre de données qui peut jeter tant de jour sur les conditions physiques qui présidèrent aux dépôts des diverses époques, et notamment à la répartition des organismes des deux règnes. C'est en y pénétrant plus avant qu'on pourra résoudre un jour l'obscur problème de la climatologie ancienne.

Comme suite à l'étude de la température superficielle du globe, nous nous attendions à celle de la temperature des couches en profondeur.

(1) Voir sur cette question l'article intitulé : l'Origine des inégalités de la surface du globe, par A. de Lapparent (*Revue des quest. scient.*, t. VI). Cons. aussi : *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e sér., t. VII, p. 346 et suiv.

Mais M. de Lapparent passe cette dernière sous silence dans cette partie de son ouvrage. Nous ne trouvons pas suffisant le motif qui a conduit l'auteur à s'écarter de l'usage et à placer la Géothermique en dehors de la Physiographie de la terre. Ce motif, c'est que l'influence calorifique interne est extrêmement faible à la surface de la terre.

Le deuxième livre du *Traité de Géologie*, intitulé *Dynamique terrestre externe*, renferme une première section relative aux actions physiques et mécaniques. Nous avons lu avec beaucoup de charme et d'intérêt les premiers chapitres publiés qui concernent les érosions et transports atmosphériques, les dunes, les fulgurites et la dégradation des côtes. Là encore, le livre que nous analysons porte le cachet d'un esprit ouvert, investigateur, sachant prendre son bien où il le trouve. Ainsi à côté de faits qui sont plus ou moins consignés dans tous les manuels, on en lit d'autres d'égal intérêt qui ressortent d'observations récentes, et qui sont puisés parfois dans des ouvrages étrangers à la géologie. Nous citerons à cet égard les pages où il s'agit de l'action du vent sur le polissage des roches, sur l'isolement des blocs. Le paragraphe des dunes a été traité avec un soin particulier. Nous en félicitons M. de Lapparent. Les terrains de transport par le vent veulent être observés de très près, car ils sont susceptibles de rencontrer des analogues dans des terrains anciens de tous les âges et d'étendue considérable, comme le notifiait déjà Dana en 1863 (1). Déclarer en 1874, comme l'a fait M. Contejean, que l'étude des dunes est d'un intérêt strictement actuel et qu'elle ne nous donne l'explication d'aucun des phénomènes anciens qui ont contribué à l'édification des terres fermes, est le fait d'une légèreté dont ce savant a donné d'autres preuves, mais qu'on doit éviter dans un traité de Géologie générale (2).

C. de la Vallée Poussin.

N. B. Nous savons, grâce aux renseignements qui nous sont communiqués, que le second fascicule, comprenant les eaux courantes, les glaciers, les actions chimiques et organiques, paraîtra dans quelques semaines, et sera suivi bientôt après d'un troisième fascicule consacré surtout aux phénomènes volcaniques et à une partie de la description des roches. L'ouvrage complet aura onze cents pages environ.

(1) *Manuel of Geology*, 1e éd., pp. 93, 94, 628.
(2) Conf. Contejean. *Éléments de Géologie et de Paléontologie*, pp. 164-165.

II

Explication de la carte géologique des deux cantons (nord et sud) de Macon, par Adrien Arcelin. Mâcon et Paris, 1881.

Nous rendions compte l'an dernier, dans la *Revue*, de l'ouvrage récemment publié sur la géologie du pays de Bray par un de nos plus savants collaborateurs (1). Nous signalons aujourd'hui un autre travail, fort analogue au premier, et dû, comme celui-ci, à un des spécialistes les plus connus et les mieux appréciés de nos lecteurs, M. Arcelin. Il s'agit encore ici de la description géologique détaillée d'un fort petit territoire, dont la superficie n'égale pas le quart de celle du pays de Bray. La description et le levé géologiques publiés par M. Arcelin ne comportent que les deux cantons de Mâcon-sur-Saône, soit une surface de 17 906 hectares. Toutefois, l'avancement actuel de la science, la précision qu'elle impose aux observations et la multiplicité des questions qu'elle soulève permettent de consacrer un volume entier à l'examen d'un espace aussi exigu, sans qu'on puisse reprocher un mot inutile à l'auteur, qui donne avec raison son livre comme un simple résumé et le point de départ pour des recherches plus étendues.

Ce qui frappe d'abord dans l'œuvre que nous avons sous les yeux, c'est la carte qui l'accompagne et qui la résume. Cette carte donne le levé géologique des environs de Mâcon à l'échelle de $\frac{1}{40\,000}$ laquelle, comme on sait, est double de l'échelle adoptée pour la carte de l'état-major français. Cette échelle considérable est plus que justifiée par la complication que présentent les terrains du pays. Le grand département de Saône-et-Loire, où la ville de Mâcon est comprise, est au premier rang en France pour le nombre et la variété des formations qui constituent le sous-sol. La plupart des principales divisions de la série y possèdent des représentants. Mais la carte détaillée de M. Arcelin nous fait voir que la très grande majorité des terrains du département se retrouvent concentrés dans les deux cantons mâconnais. Il en résulte une accumulation d'étages stratigraphiques au moins égale à celle qu'on observe dans quelques localités belges renommées sous ce rapport, comme les environs de Liége, de Namur ou de Spa.

La carte géologique levée par M. Arcelin exprime les limites des divisions suivantes : granite et roches cristallines, — grauwacke, — schistes carbonifères, — poudingues carbonifères, grés et muschelkalk, — marnes irisées, — Rhétien, — Lias et infra-lias, — Bajocien

(1) Le pays de Bray, par A. de Lapparent (*Revue des quest. scient.*), t. VII, p. 548.

moyen et inférieur, — Bajocien supérieur, — Bathonien, — Callovien, — Oxfordien, — Corallien, — Kimmeridgien, — argile à silex éocène, — poudingue calcaire éocène, — terrain quaternaire, — alluvions modernes. Il est curieux d'apprendre que le long d'une droite tirée de Mâcon à Sologny, de 12 kilomètres environ de longueur, on puisse traverser cette suite de formations différentes, dont quelques séries apparaissent à trois reprises par l'effet des failles qui, interrompant la succession, ramènent au jour les mêmes étages.

M. Arcelin paraît avoir accordé au tracé des failles toute l'attention qu'il mérite dans les levés de géologie détaillés. L'étude précise de l'allure des couches a prouvé combien est grand le rôle joué par les failles dans les terrains qui ont subi des déplacements et des relèvements considérables. Que d'énigmes stratigraphiques, paléontologiques ou même topographiques trouvent leur explication par les failles ! La carte de M. Arcelin nous montre que le sous-sol des environs de Mâcon est couvert d'une sorte de réseau de failles, dont les mailles, dans certaines localités, telles que Solutré et Vergisson, sont aussi serrées que dans les levés les plus complexes qu'on ait publié jusqu'à présent des calcaires carbonifères de la Belgique. Le relèvement exact de toutes ces lignes de fracture, si souvent masquées par les cultures et les terrains superficiels, est une œuvre des plus laborieuses, dont un praticien exercé est seul à même d'apprécier les difficultés.

Le levé géologique des deux cantons de Mâcon est accompagné d'une planche, où sont dessinées six coupes menées, autant qu'il est possible, transversalement à la direction des formations. Les hauteurs y sont représentées à l'échelle du 20 000ème: les longueurs, au 40 000ème: ce qui n'entraîne pas une déformation trop grande dans les altitudes relatives. Ces profils complètent la connaissance de la structure du pays mâconnais. Ils accusent notamment l'influence exercée sur le relief de la contrée et la nature du sous-sol par ces failles nombreuses et souvent puissantes dont il vient d'être question. On voit les divers gradins des hauteurs s'élever ou s'abaisser avec elles, et marquer les limites de la grande dépression nord-sud qui borde à l'est le massif central de la France, et où la Saône et le Rhône depuis plusieurs milliers d'années roulent leurs eaux et leurs alluvions.

Si nous ajoutons que le levé géologique publié par M. Arcelin indique l'emplacement des principales carrières exploitées, le lieu de toutes les sources, rangées en deux catégories d'après leur importance, donne enfin les courbes de niveau de 210, 270 et 310 mètres, lesquelles sont en rapport avec certaines données géognostiques, le lecteur se fera une idée exacte de cet excellent travail cartographique (1).

(1) Cette carte géologique des environs de Macon est, à proprement parler,

Le texte explicatif, qui fait l'objet du volume publié par M. Arcelin, réunit la simplicité et la précision qu'on doit exiger dans une œuvre véritablement pratique et néanmoins à la hauteur de la science. L'auteur a résumé sa pensée avec exactitude quand il déclare, dans son avant-propos, que son but a été de coordonner, de compléter et de résumer, *sous une forme intelligible pour tout le monde*, les travaux géologiques ayant trait aux environs de Mâcon. Il y parvient par la clarté des descriptions lithologiques, énoncées en termes très simples, par un choix heureux des caractères distinctifs pour chaque étage, en restreignant l'énumération des fossiles aux espèces les plus caractéristiques. La plupart des indications, nous semble-t-il, doivent être assez faciles à retrouver sur les lieux mêmes. Cependant les subdivisions adoptées par M. Arcelin pour la série de ses terrains sont fort nombreuses. C'est une sorte de dissection des formations; puisque, dans l'excellent tableau synoptique qui termine l'ouvrage, il n'énumère pas moins de 70 subdivisions, lesquelles se partagent à leur tour en 106 divisions de moindre épaisseur, dont plus de soixante appartiennent aux seuls terrains secondaires. Beaucoup d'entre elles comprennent à peine quelques couches, et leur épaisseur ne dépasse ou n'atteint pas même un mètre. Le texte explicatif décrit les coupes naturelles, et signale les localités où la nature et les superpositions de ces différentes assises peuvent être vérifiées. Il renseigne aussi sur la valeur agricole ou économique de ces terrains et des matériaux qu'on en peut tirer, et la plupart de ces données sont résumées en quelques mots dans le grand tableau synoptique dont il a été fait mention, qui présente par ordre la série complète des étages.

Il nous paraît difficile de réaliser en géologie un travail de levé, comprenant un grand nombre de points de repère, qui soit plus facile à comprendre et à expliquer sur les lieux mêmes, plus à la portée de tous ceux qui ont intérêt à connaître le sol. Il est clair que tout propriétaire, tout exploitant a un intérêt multiple à cette connaissance. C'est la compétence qui fait presque toujours défaut. Voilà pourquoi il est très avantageux de posséder des ouvrages comme celui-ci, qui, sans longs préambules scientifiques, poussant à la pratique immédiate de la géologie dans

une carte du sol, où les plaines, les collines et les plateaux sont teintés, quand il y a lieu, par les nuances caractéristiques des alluvions modernes ou des terrains quaternaires. Mais il nous semble que, dans une œuvre aussi précise, l'auteur, sans nuire à la clarté très grande de sa carte, aurait pu indiquer par quelques signes conventionnels la présence de certaines formations superficielles qui ne sont pas sans importance. Ainsi, par exemple, les terrains de décomposition atmosphérique, comme l'argile à chailles, constituent un revêtement épais à l'ouest de Fuissé et sur d'autres affleurements jurassiques. Il eût été bon de pouvoir le lire immédiatement sur la carte sans recourir au texte explicatif.

un canton déterminé, favorisent les observateurs sur place, et permettent de tirer quelque parti scientifique des excavations et des recherches de tous genres qui sont le plus souvent perdues pour le géologue. Aucun savant spécialiste n'est à même de recueillir par lui seul toutes ces données, même sur un espace très resserré; et pourtant ces données sont la condition nécessaire de la connaissance parfaite d'une contrée.

Pour sa description des terrains des environs de Mâcon, M. Arcelin, outre ses recherches personnelles, met à profit celles d'autres savants qui se sont occupés des mêmes formations dans cette région ou dans les contrées voisines. Sans surcharger son livre d'une érudition étrangère au but, il met surtout à contribution MM. Berthoud, Ferry, Falsan, Chantre, Tardy, Tournouer, Michel Lévy et l'abbé Ducrost, lequel semble lui avoir servi parfois de collaborateur. Parmi les passages qui nous ont paru offrir un intérêt général, nous citerons : ceux qui concernent l'argile à silex, son origine et sa date, l'époque des failles qui ont préparé la configuration actuelle du pays; et surtout les paragraphes relatifs aux terrains quaternaires et modernes. Personne ne connaît mieux les terrains quaternaires de ce département que M. Arcelin, à qui ses travaux sur les temps préhistoriques du bassin de la Saône et l'âge de ses alluvions ont valu une fort belle réputation. Tous ces points ont été le sujet de discussions nombreuses entre les hommes compétents, discussions auxquelles M. Arcelin a pris une part considérable aussi bien par ses publications que dans les congrès scientifiques. Il y a plaisir à lire, en quelques pages bien concises, mais écrites d'une main si sûre, des considérations offrant sur la plupart de ces sujets ce qu'il y a de plus plausible, étant donné l'état des connaissances.

Le livre se termine par la description succincte des vingt-cinq communes englobées dans la circonscription des deux cantons mâconnais. Chacune de ces notices ne s'étend pas au delà d'une ou deux pages ; mais elles renferment en peu de mots des indications précieuses pour les habitants aussi bien que pour les naturalistes. Elles indiquent d'une manière sommaire : 1° la position topographique des villages, la superficie et la population des communes; 2° la composition du sol ; 3° les particularités géologiques et paléontologiques dont il n'aura pas été parlé précédemment ; 4° la statistique des cultures ; 5° l'état des carrières, des mines et des fontaines.

On voit par ce qui a été dit combien M. Arcelin s'est préoccupé du côté élémentaire et pratique dans l'œuvre savante qu'il livre à la publicité. Il nous semble qu'on ne saurait mieux comprendre son rôle ; et dès lors il ne nous reste qu'à faire des vœux pour que l'exemple de M. Arcelin soit imité par d'autres hommes de conscience et de talent.

C. de la Vallée Poussin.

III

Traité d'Arithmétique élémentaire, *à l'usage des écoles moyennes, des écoles normales, des cours professionnels et des classes d'humanités*, par l'abbé Gelin, docteur en philosophie et en théologie, professeur de mathématiques supérieures au collège Saint-Quirin à Huy ; chez l'auteur, collège Saint-Quirin, 1881. Un volume in 8° de 242 pages. Prix : fr. 3,50.

I. Nous avons rendu compte, dans divers recueils, de la plupart des manuels d'arithmétique publiés depuis dix ans dans notre pays. Dans presque tous ces ouvrages, à part la *seconde* édition du *Précis d'Arithmétique* de M. Schoonjans, nous avons dû signaler, en même temps que des qualités sérieuses, des défauts plus ou moins graves, particulièrement au point de vue de la rigueur ou de la simplicité des démonstrations. Aussi n'en est-il aucun (à part l'exception citée plus haut) que nous ayons pu recommander sans réserve à nos lecteurs.

Il n'en est pas de même du nouveau traité de M. l'abbé Gelin. Comme la seconde édition du Précis de M. Schoonjans, et à plus juste titre encore, c'est un ouvrage qui figurera désormais avec honneur dans la littérature pédagogique de notre pays. On peut dire de ce livre qu'il a, du premier coup, toutes les qualités d'une seconde édition. Évidemment, il a été travaillé et retravaillé, pour le fond et pour la forme, avant d'être livré au public. Ce n'est pas d'emblée, en effet, que l'on arrive, en arithmétique surtout, à rédiger les démonstrations avec la concision et la clarté qui distinguent le traité de M. Gelin. Son livre, sous ce rapport, fait penser aux admirables Manuels de M. Catalan qu'il a sans doute pris pour modèles. Au point de vue de la rigueur aussi, le nouveau manuel est trop remarquable pour que l'auteur n'ait pas dû en remanier plusieurs fois les théories difficiles. Nous l'avons lu la plume à la main et nous n'avons rien trouvé à redire aux raisonnements sur aucun point. Deux endroits que nous avions notés comme douteux ont été corrigés par l'auteur lui-même dans l'errata (1).

M. Gelin a suivi l'ordre logique, quant à la disposition des matières traitées dans son manuel, en se disant sans doute que les élèves qui doivent se servir de son livre connaissent déjà presque toute l'arithmétique

(1) Dans un certain nombre d'exemplaires, il manque une petite correction au n° 287. Au lieu de *Si l'on multiplie cette fraction par* 100, *on obtient*, il faut lire simplement : *Considérons.*

pratique. Les paragraphes trop difficiles pour être enseignés la première fois que l'on aborde l'arithmétique raisonnée sont marqués d'un astérisque. Cela équivaut à peu près à la division de l'arithmétique en une partie élémentaire et une partie non élémentaire, adoptée par plusieurs auteurs, et qui nous paraît devoir faciliter un peu plus la tâche du professeur et des élèves.

Les grandes subdivisions du traité élémentaire d'Arithmétique sont les suivantes : Le livre I contient les opérations sur les nombres entiers, y compris *l'élévation aux puissances et l'extraction des racines*. Le livre II est consacré aux propriétés des nombres entiers. Le livre III renferme les opérations sur les fractions ordinaires, les fractions décimales et les fractions de fractions ; le livre IV, les propriétés des rapports et des proportions ; le livre V, les mesures; le livre VI, la résolution des problèmes. Chaque livre est subdivisé en chapitres, paragraphes et sous-paragraphes, avec un soin qui prouve combien l'auteur est préoccupé de disposer les matières traitées dans un ordre logique. Cette préoccupation le poursuit jusque dans les moindres détails des démonstrations, comme l'on peut s'en assurer en lisant attentivement telle ou telle théorie un peu difficile, celle du plus grand commun diviseur ou du plus petit multiple, par exemple. Cette attention scrupuleuse de l'auteur à disposer les moindres raisonnements de son livre dans l'ordre le meilleur lui a permis d'être extrêmement concis sans jamais devenir obscur.

Rigueur et clarté, stricte ordonnance logique de l'ensemble et des détails, voilà donc les qualités distinctives du livre de M. Gelin, celles qui lui assurent un grand succès dans nos établissements d'instruction moyenne.

Passons maintenant en revue quelques points que l'auteur nous semble avoir particulièrement bien traités, ou bien, au contraire, qu'il aurait pu traiter mieux encore.

1. Dans les notions préliminaires, M. Gelin a abandonné la définition habituelle des grandeurs : « ce qui est susceptible d'augmentation et de diminution. » D'après cette définition, disait Terquem, le plaisir et la douleur seraient des grandeurs. La définition adoptée, « ce qui est susceptible, d'être partagé en plusieurs parties de même espèce, » vaut évidemment mieux, et même est irréprochable si on l'entend comme le font les mathématiciens. Des quantités, pour être de même espèce, n'ont pas besoin de l'être en réalité, mais seulement d'une manière idéale, sous le rapport considéré. Ainsi trois mammifères, deux oiseaux, quatre reptiles constituent un ensemble de neuf vertébrés. Ces animaux sont différents sous divers rapports, mais de même espèce quand on les considère seulement comme vertébrés. Pour tenir compte de cette explication, on pourrait ajouter à la définition les mots: *idéalement ou réellement*.

Plusieurs logiciens modernes, faute d'avoir réfléchi à la restriction contenue dans ce mot *idéalement*, ont cru pouvoir appliquer à tous les concepts les règles du calcul mathématique.

2. Nous subdiviserions les Mathématiques un peu autrement que l'auteur. Les Mathématiques pures comprennent l'Arithmétique ou Théorie des nombres, et l'Analyse (algébrique ou infinitésimale) ou Théorie des fonctions. Les Mathématiques appliquées comprennent la Géométrie et la Mécanique. On se sert des Mathématiques dans une foule d'autres sciences, en Physique, en Chimie, en Astronomie, en Géologie, etc.

3. La réciproque d'une proposition est une proposition nouvelle dans laquelle on prend pour hypothèse la conclusion, *en tout ou en partie*, et pour conclusion l'hypothèse de la première, *en tout ou en partie*. Un corollaire est une conséquence *immédiate* d'un théorème. Les mots soulignés manquent.

4. Unité, pluralité, nombre. Notions très bien expliquées On reconnaît aisément, dans ce premier paragraphe, la main d'un auteur expert en philosophie.

5. On trouve, pages 5, 11, 12, 14, 15, 20, 55, 145, des notes historiques intéressantes sur l'origine des signes de numération. Il aurait peut-être fallu avertir le lecteur que les dates données dans ces notes ne sont pas absolument sûres, vu l'état actuel de l'histoire des mathématiques. Relativement à notre système de numération avec le zéro, il est prouvé, croyons-nous, qu'il est d'invention indienne et est arrivé en Occident par l'intermédiaire des Arabes.

6. Dans le chapitre consacré à la soustraction, M. Gelin fait connaître la méthode autrichienne pour effectuer cette opération : elle consiste à trouver le reste en l'ajoutant par la pensée au nombre à soustraire. Elle est employée continuellement dans le petit commerce, pour remettre ce qui lui revient à un acheteur qui a payé plus qu'il ne doit. Un avantage de cette méthode sur les autres, c'est qu'elle permet de soustraire d'un nombre la somme de plusieurs autres, sans chercher cette somme.

7. Les quatre principes sur la multiplication (1).

$$(a+b)c = ac + bc,\ a(b+c) = ab + ac,$$
$$(a+b)(c+d) = ac + bc + ad + bd,\ ab = ba,$$

sont établis d'une manière très claire, sans recourir aux démonstrations intuitives habituelles, en ne décomposant en parties que le multiplicande. Les démonstrations intuitives décomposent au contraire multiplicande et

(1) Nous les écrivons au moyen des signes de l'Algèbre pour abréger. M. Gelin n'a pas eu besoin et ne s'est pas servi de notations algébriques dans son Traité.

multiplicateur, de sorte, que logiquement, elles sont plus *compliquées*. En revanche, elles sont un peu moins abstraites et l'on peut en déduire immédiatement des conséquences utiles. Ainsi, par exemple, de la démonstration intuitive de $ab = ba$ ou $1 \times a \times b = 1 \times b \times a$, on tire, non seulement $c \times a \times b = c \times b \times a$ en remplaçant 1 par c, mais aussi $c \times (a\,b) = c \times a \times b$, théorème sur lequel repose le procédé ordinaire pour effectuer la multiplication.

8. La théorie de la division est particulièrement bien faite. L'auteur donne à la suite l'une de l'autre, dès le début, les deux définitions de la division, puis il montre qu'elles conduisent à une seule et même opération. On peut aller un peu plus loin dans la même voie, en introduisant ici d'une manière explicite l'idée de fraction.

La division des divers cas à considérer est, croyons-nous, la meilleure possible (27 : 6 ; 2782 : 687 ; 2782 : 6 ; 278234 : 687) ; mais il aurait fallu accentuer davantage encore la distinction des deux derniers, quoiqu'ils conduisent à une même règle. On apprend, à propos du deuxième cas, comment on doit altérer le diviseur pour ramener l'opération au premier ; à propos du troisième, comment on décompose une division en divisions partielles ; dans le quatrième cas, on rencontre les deux difficultés réunies, mais aucune n'est plus nouvelle.

Ce dernier cas est traité, chez M. l'abbé Gelin, avec le soin qu'il mérite. L'auteur combat ici avec raison, le procédé soi-disant abréviatif où l'on n'écrit pas les produits partiels à soustraire.

9. Dans l'extraction de la racine carrée, il y aurait une petite amélioration à introduire : il faudrait traiter le cas d'un nombre de quatre chiffres, puis celui d'un nombre de six chiffres, au lieu d'aborder directement celui-ci.

10. La preuve par 9 des opérations sur les nombres entiers est exposée plus simplement et plus complètement que dans les autres manuels, grâce à l'introduction explicite de la notion de *la dernière somme des chiffres d'un nombre*.

11. Les tables des nombres premiers ne s'étendent pas jusqu'à dix millions, contrairement à ce que dit l'auteur, mais seulement jusqu'à neuf, et encore le sixième million n'est-il pas publié ; mais il est sous presse. Un Belge calcule actuellement le dixième million.

12. Au n° 138 et au n° 162, l'auteur indique, pour former le plus grand commun diviseur ou le plus petit multiple de plusieurs nombres, une méthode par tâtonnements, qui manque dans beaucoup de manuels malgré sa grande simplicité pratique. La méthode de recherche du moindre multiple par le plus grand commun diviseur est exposée, avec raison, avant la méthode fondée sur la décomposition des nombres donnés en facteurs. En général, tout le livre consacré aux propriétés des nombres entiers est très bien divisé et subdivisé.

13. Au n° 200, relatif aux fractions dont on altère également les deux termes, il aurait fallu, pour plus de clarté, donner deux théorèmes au lieu d'un seul. Au n° 218, nous n'oserions pas affirmer avec l'auteur qu'il vaut mieux, en général, multiplier un nombre fractionnaire par une fraction, en réduisant ce nombre fractionnaire en fraction. Au n° 244, à propos de l'invention des fractions décimales par Stévin, en 1585, nous ajouterions : Au lieu de la virgule ou du point décimal, il employait un petit cercle ; un autre cercle contenant le chiffre 1 venait après le chiffre des dixièmes ; un troisième contenant le chiffre 2 se trouvait après le chiffre des centièmes et ainsi de suite. Les unités, dixièmes, centièmes, millièmes portaient les noms de commencements, primes, secondes, tierces. Si l'on ne dit pas cela, on exagère les services rendus au calcul numérique par ce mathématicien hollandais. C'est probablement Neper (1617), l'inventeur des logarithmes, qui a vu le premier qu'il suffisait de mettre un point ou une virgule pour séparer les unités des décimales, pour rendre le calcul des nombres décimaux aussi simple que celui des nombres entiers.

14. La théorie des fractions périodiques est une pierre d'achoppement pour la plupart des auteurs de traités d'arithmétique. Presque tous y introduisent la notion de limite d'une manière prématurée et incomplète, et admettent *à priori* qu'une fraction pérodique donnée a une limite commensurable, ce qui évidemment n'est pas permis. M. l'abbé Gelin a habilement évité les écueils que présente cette théorie, en en bannissant complètement l'idée de limite, comme il convient dans un livre élémentaire. Son procédé de recherche de la génératrice d'une fraction périodique prouve en même temps l'existence de cette génératrice et en fait connaître la valeur.

15. Au n° 315, excellente définition du mètre faisant très bien ressortir le caractère *conventionnel* de cette base du système décimal des poids et mesures : le mètre est la dix-millionième partie de la distance du pôle à l'équateur *supposée égale* à 5 130 170 toises. » A propos de l'are, du litre et du stère, on pourrait ajouter cette remarque mnémotechnique que même les unités de surface et de volume sont subdivisées de 10 en 10 (et non de 100 en 100 ou de 1000 en 1000) quand elles sont exprimées par un seul mot.

16. Le calcul des nombres complexes est un peu écourté. Tout manuel d'arithmétique, si élémentaire qu'il soit, doit contenir la *méthode des parties aliquotes*, qui est très employée aujourd'hui, comme dans tous les temps, par les praticiens, *qu'il s'agisse de nombres complexes ou non*. Si l'on a à multiplier un nombre par $\frac{7}{24}$, il est bien plus facile de prendre le quart de ce nombre, et d'y ajouter le sixième de ce quart, que de multiplier par sept et de diviser ensuite par 24.

Il en est de même dans une foule d'autres cas. Ainsi, pour multiplier un nombre par 1875, on ajoutera au produit par 1000, la moitié de ce produit, puis une moitié de ce second résultat, et une moitié encore de ce troisième résultat.

17. Dans le livre consacré aux applications de l'arithmétique, l'auteur a su être rigoureux et complet sans cesser d'être clair et concis. A propos des règles de mélanges, dans le cas d'indétermination, il a quelques remarques excellentes, propres à faire réfléchir les bons élèves. Les problèmes relatifs à l'escompte et à l'échéance commune sont aussi très bien traités. Afin de pouvoir résoudre les questions d'annuités, M. Gelin a résumé sommairement, en quelques pages, la théorie des progressions. On peut éviter de se servir de cette théorie en établissant la formule fondamentale sur les annuités comme il suit : Une annuité a payée pendant n années, le taux de l'intérêt étant r, équivaut aux intérêts accumulés d'une somme $[a : r]$ placée pendant n années à intérêts composés. Or cette somme, au bout de ce temps devient $[a(1 + r)^n : r]$. Les intérêts accumulés sont donc $[a(1 + r)^n : r] - [a : r]$, et cette expression donne la valeur des n annuités au bout de n années.

Telles sont les observations qu'une lecture attentive du Traité de M. Gelin nous a suggérées. Nous félicitons le savant professeur d'avoir produit un ouvrage aussi bien fait sous presque tous les rapports, et nous le recommandons avec confiance aux professeurs belges et étrangers. M. l'abbé Gelin devrait maintenant employer les rares loisirs de son laborieux professorat à le compléter par un Recueil d'exercices et de problèmes, puis en faire un extrait ou un abrégé à l'usage des écoles supérieures de filles et des classes inférieures des écoles moyennes.

L'exécution typographique du livre de M. E. Gelin est très soignée et fait honneur aux presses de M. Wesmael-Charlier de Namur.

P. M.

IV

Bibliographie générale de l'astronomie,... par J. C. Houzeau et A. Lancaster. Tome II, troisième fascicule ; Bruxelles, juin 1881.

Au mois de juillet dernier (1) nous avons fait connaître à nos lecteurs les deux premiers fascicules du tome II de la *Bibliographie générale*. Bon nombre de revues scientifiques en ont également donné des comptes rendus ; ceux que nous avons lus s'accordent tous à reconnaître l'utilité

(1) *Revue des questions scientifiques*, X, 231.

et le mérite de cette publication ; ils louent les auteurs du travail immense qu'ils se sont imposé et des soins minutieux qu'ils apportent à rendre leur œuvre parfaite.

Nous avons reçu le troisième fascicule au commencement du mois de juillet. Il contient la fin de la section VI, consacrée à l'*Astronomie physique*, et trois sections nouvelles intitulées : *Astronomie pratique*, *Monographies des corps principaux du système solaire* et *Astronomie sidérale*.

Nous n'avons point trouvé, dans la sixième section, les notes d'analyse spectrale insérées dans *The physical Society of London Proceedings*. Cette publication d'origine assez récente (elle est à son quatrième volume) ne se trouve pas indiquée à la clef des abréviations ; nous avons lieu de croire qu'elle aura échappé.

Nous avons cherché aussi sans succès quelques notes de M. Janssen relatives à la photographie astronomique et publiées dans le volume *Report of the British Association*, 1880. De fait, la clef des abréviations ne signale que les 46 premiers volumes de cette publication (1831-1878); nous nous sommes assuré cependant que le 48e volume (1879) avait été dépouillé ; nous ignorons pourquoi le dernier volume paru, celui de 1880, ne l'a pas été également.

Nous signalerons en passant à nos lecteurs le volume que publiera prochainement l'Association britannique, et qui contiendra les travaux présentés au dernier meeting d'York. Plusieurs des mémoires lus à la section A ont trait à l'astronomie et offrent un grand intérêt.

Nous croyons que la *Revue catholique* de Louvain n'a pas non plus été dépouillée par les auteurs de la *Bibliographie générale*. On y trouve cependant quelques travaux astronomiques, entre autres une série d'articles de M. Ph. Gilbert sur la constitution physique du soleil qui ne sont point mentionnés au premier paragraphe de la section VIII, leur place naturelle. C'est une lacune, puisque l'on a pris la peine de dépouiller des collections moins fournies d'articles scientifiques, celle des *Précis historiques*, par exemple.

Dans la même section, au paragraphe 41 intitulé : *Terre, oscillation et rotation à sa surface*, à la page 1184, on renvoie par erreur à la *Revue des questions scientifiques*, pour le mémoire de M. Ph. Gilbert intitulé *Note sur l'interprétation geométrique du mouvement apparent d'un point pesant à la surface de la terre*. Ce mémoire se trouve, non dans la *Revue* publiée par la Société scientifique de Bruxelles, mais dans ses *Annales*, tome II, seconde partie, page 49. Cette même collection contient, sur les mouvements relatifs, d'autres études de M. Gilbert ; on aurait pu les signaler.

Nous tiendrons nos lecteurs au courant de la publication des fascicules suivants.

J. T.

V

L'ÉVOLUTION DU RÈGNE VÉGÉTAL. — *Les Cryptogames* par G. DE SAPORTA, correspondant de l'Institut de France, et A. F. MARION, professeur à la Faculté des sciences de Marseille. — Avec 85 figures dans le texte — (*Bibliothèque scientifique internationale*). — Un vol. in-8° de XII — 238 pages. 1881. — Paris, Germer-Baillière.

Annoncer un nouvel écrit de M le marquis de Saporta est toujours un moyen assuré de plaire aux personnes qui aiment à voir les questions des sciences naturelles traitées en une langue élégante et littéraire. Le livre que nous désirons présenter aujourd'hui à nos lecteurs n'a pas M. de Saporta pour auteur unique; il s'y est associé un savant du midi, M. Marion, professeur à la faculté des sciences de Marseille. Mais, sans vouloir diminuer en rien le mérite de son collaborateur et tout en étant persuadé que la part est égale, entre ces deux auteurs, dans tout ce qu'il y a à louer en cette œuvre, comme aussi en ce qui prêterait peut-être à quelque critique, nous devons reconnaître que l'empreinte spéciale du premier des deux se reconnaît en nombre de pages. Ce sont bien les idées, les vues, les procédés de raisonnement de l'auteur élégant du *Monde des plantes avant l'apparition de l'homme*, étudié et apprécié dans cette *Revue* (octobre 1879 et janvier 1880), que l'on retrouve dans l'*Evolution des cryptogames*.

Entre l'école évolutionniste ou transformiste, mais sans tendances matérialistes, celle de M. Alf. Wallace à laquelle se rattache M. de Saporta, et l'école antiévolutionniste, nous n'avons pas à prendre parti. De puissantes considérations pour et contre ont été développées ici-même, par des hommes d'une égale compétence et d'une égale autorité (1), desquelles il résulte qu'en tout état de cause la foi chrétienne, les croyances théistes sont entièrement désintéressées dans la question.

Nous aurions toutefois aimé à voir les auteurs se réclamer moins exclusivement de M. Darwin qu'ils ne le font dans leur Préface : « Disciples de Darwin, disent-ils, nous obéissons à son impulsion en appliquant au règne végétal une méthode d'investigation dont il a formulé d'une main sûre les règles fondamentales (2). » Mieux inspiré était l'un d'eux lorsque, avec autant de courtoisie que de finesse, il dégageait en ces

(1) M. A. Proost, *Rev. des quest. scientif.* de juillet 1881 : *Parasitisme et transformisme.*— R. P. Carbonnelle, *Ibid.* Juillet 1880 : *Aveuglement scientifique.*

(2) *Préface*, p. XI.

termes, il y a deux ans, sa cause des exagérations de celle du naturaliste anglais : « L'école dont il (M. Darwin) a été l'organe le plus retentissant a paru même se personnifier en lui, comme l'indique le terme de *darwinisme*, appliqué souvent à l'ensemble des idées transformistes, mais qu'il est plus juste de restreindre à la série d'hypothèses à la fois hardies et ingénieuses dont le naturaliste anglais a été si prodigue (1). » Il serait plus juste encore, selon nous, d'éviter toute confusion possible entre les expressions de *darwinisme* et de *transformisme*, la seconde désignant un système, une théorie parfaitement légitime et qui se peut librement soutenir ou combattre, la première éveillant tout aussitôt dans l'esprit les conséquences outrées, aussi peu scientifiques qu'antiphilosophiques, tirées par l'école antithéiste, dans un but auquel la science n'a rien à voir, des célèbres conjectures du naturaliste d'outre-Manche.

Toujours est-il que si, par une phrase de leur Préface, introduite sans doute à titre d'hommage au plus célèbre des chefs de leur école, les auteurs de l'*Évolution* risquent de donner pour un instant le change sur le véritable esprit de leur œuvre, cette impression ne saurait être que passagère : dès les premières pages ils se placent nettement sur le terrain exclusif de la science, n'accusent aucun parti pris, aucune tendance extrascientifique, et justifient la parfaite sincérité de cette belle déclaration qui termine leur préface : « Quel que soit le résultat final de notre œuvre, la vérité a été le mobile unique et le but constant auquel en dernière analyse nous subordonnons toutes nos vues. »

MM. de Saporta et Marion prennent la théorie évolutionniste comme point de départ. Ils n'écrivent pas, comme nous l'apprend leur épigraphe, *ad probandum*, mais bien *ad noscendum*. L'hypothèse transformiste étant admise, ils montrent comment s'accomplit l'évolution du règne végétal à partir des organismes les plus élémentaires et qui ne sont encore, à proprement parler, ni végétaux ni animaux, tels que les *Protistes*, petites masses protoplasmiques, les *Amibiens*, « sortes de gouttes gélatineuses contractiles et protéiformes, » pour devenir d'abord *Protophytes* et évoluer en Algues, Champignons et Lichens ; — puis, des Algues, évoluer d'une part vers les *Méthaphytes* proprement dites, Hépatiques et Mousses, d'autre part vers des végétaux déjà plus élevés, Équisétacées, Fougères, Ophioglossées, Rhizocarpées et Lycopodiacées, autant de rayons de plus en plus développés et partant tous du foyer commun des Algues, — et constituer ainsi la branche aînée du règne végétal, la branche des Cryptogames. Ensuite, par l'atrophie progressive du système végétatif primordial ou thallophyte, et la prédominance de plus en plus grande du système agame de seconde formation, une nouvelle

(1) *Le Monde des plantes*, par le Cte de Saporta, correspondant de l'Institut, pp. 50-51. — 1879. -- Paris, Masson.

branche, une branche cadette se détache de la branche des Cryptogames (1), c'est la branche des Phanérogames, commençant par les *Gymnospermes* et destinée à acquérir, avec les *Angiospermes*, la prédominance définitive. Cette seconde branche doit faire l'objet d'un autre volume impatiemment attendu ; celui qui nous occupe n'étudie en détail que les Cryptogames.

Avant de généraliser l'exposition de la théorie évolutionniste à l'ensemble de la série végétale, fossiles compris, les auteurs commencent, suivant une méthode excellente, par observer la végétation vivante.

Ils examinent d'abord ce qui se passe dans l'ovule d'une fleur phanérogame angiosperme dont la masse se montre, sous le microscope, composée d'un grand nombre de petites cellules remplies chacune de protoplasme enveloppant un noyau. Sous l'influence de cette matière protoplasmique extrêmement active, le noyau se dédouble, et chacun de ses deux fragments devient le centre d'une nouvelle cellule. L'ovule augmente ainsi de volume, et par la continuité d'une série de mouvements et actions analogues du protoplasme, sa masse s'allonge, se segmente, constituant le sac embryonnaire, puis, au sommet de celui-ci, les deux cellules destinées à recevoir l'action fécondante du tube pollinique. La fécondation accomplie, l'une de ces deux cellules s'atrophie, tandis que l'autre, entrant aussi en évolution, se développe, se segmente à son tour et se constitue en un embryon adhérent à la paroi du sac par un suspenseur cellulaire, tandis que tout autour s'est constitué un amas de cellules formant une sorte de tissu nutritif qui persistera longtemps, assistant et aidant aux phénomènes de la germination. Une partie de l'embryon s'allonge en une ébauche de racine, se mamelonne en deux protubérances qui seront les feuilles cotylédonaires avec le gemmule entre elles deux. Un rudiment d'écorce se discerne ainsi autour d'un rudiment de tissu ligneux. Vienne la germination, et tous ces éléments s'accentueront et se développeront, jusqu'à finir par former un grand arbre, dont la masse proviendra originairement tout entière du protoplasme contenu dans le sac embryonnaire de l'ovule.

Ainsi le développement embryogénique d'une plante supérieure nous montre une série de stades successifs, qui constituent une véritable

(1) Les auteurs font remarquer que c'est bien à tort que l'on a donné le nom de *Cryptogames*, qui signifie *noces cachées*, aux végétaux de l'embranchement inférieur, et de *phanérogames* (noces apparentes), à ceux de l'embranchement supérieur ; car c'est précisément l'inverse qui a lieu, la fécondation s'opérant chez ces derniers par la dilatation du tube pollinique au sein de l'ovaire entouré lui-même des appendices floraux, tandis qu'au contraire les fonctions reproductives des plantes dites cryptogames s'accomplissent au grand jour, sans protection d'aucune enveloppe florale.

évolution, allant d'un protoplasme amorphe à toute la complication d'organisation d'une plante supérieure, d'un arbre angiosperme.

Dans les gymnospermes et les cryptogames on rencontrerait également, sauf les particularités spécifiques et de détail, ces trois premiers degrés ou stades :

1° Une masse protoplasmique s'organisant en cellules ;

2° Des tissus cellulaires fondamentaux qui se façonnent ;

3° Des cellules primordiales se métamorphosant pour fournir les éléments des fibres et des vaisseaux.

Puis, si l'on observe des organismes plus humbles, on constate que la série s'interrompt à un stade moins avancé, que les divers organes y prennent naissance en un simple tissu cellulaire ce stade devenant définitif ici, quand il n'est que transitoire ailleurs.

Une simple segmentation, par dédoublement de l'une de ces gouttes gélatineuses dont nous parlions tout à l'heure, suffit à la reproduction de grand nombre de Protistes et d'Amibes. D'autres, un peu plus compliquées, se fragmentent en une foule de petits corps ovoïdes, susceptibles de s'unir pour donner lieu à des êtres mieux définis. La masse protoplasmique peut s'entourer par sécrétion d'une membrane rigide, et *se transformer partiellement en chlorophylle*, et dès lors l'élément organique primordial, précédemment indéterminé, indécis entre les deux règnes, revêt nettement le caractère végétatif; c'est le point de départ du règne, dont la trace se retrouve jusque dans le végétal de l'ordre le plus élevé ; le protoplasme de sa cellule n'est autre, en effet, qu'une amibe véritable se contractant et respirant à la manière animale.

Si l'examen s'élève à des végétaux déjà caractérisés mais occupant le rang inférieur de l'échelle, comme les Algues les plus simples, nous voyons de ces cellules individuelles, à protoplasme chargé de chlorophylle avec ou sans nucleus augmenter leur masse, se segmenter et former des manières de tissus cellulaires encore imparfaits et inconsistants (*Palmelles*, *Pleurococcus*, *Diatomées*, etc.) D'autres fois la plante unicellulaire, sans se fragmenter, arrive à un certain degré de complexité, se ramifiant en régions distinctes, crampons, axes, membres divers qui parfois s'anatosmosent de manière à former des réseaux compliqués. A un degré un peu moins infime, de véritables tissus cellulaires sont réalisés (*Conferves*, *Ulves*, *Oscillaires*) en files, en réseaux ou en lames compactes. Les unes et les autres, uni-pauci-cellulaires (*Siphonées*), simulent à s'y méprendre la disposition extérieure d'Algues beaucoup plus élevées, telles que Fucacées, Phéosporées et Floridées, lesquelles, sans dépasser encore le simple tissu cellulaire, offrent déjà, ici une enveloppe corticale entourant une sorte de parenchyme parsemé de méats intercellulaires, là des filaments particuliers autour des organes de reproduction, ailleurs, comme dans les Characées, un commencement de dé-

veloppement axile avec appendices réguliers. Dans les Floridées, des cellules spéciales se divisent en organes mono-poly-spores, dont les éléments se séparent, se fixent, s'entourent de cellulose, puis se segmentent pour reproduire le végétal dont ils sont issus. En d'autres familles, ces éléments, groupés et munis de un ou plusieurs cils vibratiles, s'en vont, véritables *zoospores*, errer plus ou moins longtemps, aidés par le mouvement des ondes, jusqu'à ce qu'ils se fixent au sol, germent et s'entourent d'une membrame enveloppante, puis se développent en un *thalle* plus ou moins compliqué.

A un échelon peu différent du groupe, le processus reproducteur commence à devenir plus complexe. C'est de l'accolement de deux cellules mélangeant leur contenu, mais non différenciées entre elles, que résulte un nouvel individu (*Desmidiées*, *Spirogyrées*). Un peu plus haut, deux zoospores ciliés de taille différente commencent à ébaucher le mode de reproduction par les sexes ; de leur union résulte un *oospore* qui s'implante pour produire le phénomène de la germination. En montant encore, le caractère s'accentue ; plus volumineux, l'élément femelle reste immobile tandis que, toujours alerte, l'élément mâle vient s'y unir pour le féconder. En même temps, les diverses parties de l'Algue se spécifient en *oogones* renfermant les spores femelles, et en *anthéridies* élaborant les corpuscules fécondants.

A côté des Algues, plantes primordiales aquatiques, on peut constater l'existence d'une série protophyte terrestre, celle des champignons. Le système végétatif, non sans analogie avec le thalle des Algues siphonées, est ici composé généralement de tubes ramifiés et anastomosés en une sorte de feutrage ; le protoplasme, entièrement privé de chlorophylle, déploie une activité extrême et absorbe par endosmose, à travers la membrane, les substances animales ou végétales propres à la nutrition de la plante ; ou bien, véritable protiste, il se meut en rampant à travers les débris végétaux et offre, au moment de la reproduction, des spores ciliés susceptibles de copulation à la manière des corpuscules des Algues. Différant de celles-ci par le mode de nutrition, les Champignons s'en rapprochent complètement par les procédés de reproduction : à tel point que certains d'entre eux, les *Ascomycètes*, s'unissent à certaines Algues (*Palmelles*, *Conferves*, etc.) pour produire des *Lichens* qui se multiplient ensuite directement par des propagules ou *soridies*.

Mais Lichens et Champignons n'offrent pas d'exemples de développements ultérieurs, d'évolutions dont ils seraient les points de départ : ce sont des « groupes *inadaptifs* que le parasitisme a fatalement arrêtés. » Revenons donc aux Algues, les seules vraies *Protophytes*, puisque seules elles sont susceptibles de « diversifications morphologiques » importantes, formant d'ailleurs un embranchement immense qui balance à certains égards l'ensemble de toutes les autres plantes. Couvrant les rochers de

la plage, ou bien détachées et s'accumulant dans les mers de Sargasses, elles s'accommodent aussi des eaux saumâtres, intermédiaires entre les eaux marines et les eaux douces, et pénètrent jusque dans les rivières, les ruisseaux, les étangs (Floridées, Characées, Fucoïdées), ou bien, plus accommodantes encore, gagnent peu à peu des sols, humides sans doute, mais déjà exondés (diverses espèces de Palmelles, de Vauchériées, de Nostocacées). Ce sont les Algues inférieures qui acceptent ces accommodements, celles qui n'ont encore réalisé « aucune différenciation morphologique importante, » tandis que les types plus élevés, plus complexes, plus délicats, « ont strictement conservé leurs fonctions physiologiques primordiales, » ne jouissant sans doute que d'une plasticité limitée, et se refusant à croître en dehors du complet ensemble des conditions physiologiques strictement appropriées à leur organisme.

Mais les premières, dont les thalles furent impressionnés par de nouveaux agents de différenciation, ont sans doute préparé la formation graduelle des Hépatiques et des Mousses leurs descendantes, plantes aériennes que nos auteurs qualifient de Métaphytes. Sur le thalle sexué ou *prothalle* de certains de ces végétaux inférieurs, les *anthérozoïdes* ou corpuscules fécondants échappés des *anthéridies* (organes mâles) vont imprégner les oosphères contenus dans les *archégones* (organes femelles), pour les transformer en oospores : ceux-ci se développent en systèmes végétatifs secondaires non sexués, appelés *sporogones*, lesquels émettront les spores qui, tombant dans la terre humide, donneront naissance à des thalles sexués. C'est là une alternance de végétation dont les Algues proprement dites ne donnent pas d'exemple, et qui est propre aux Mousses et aux Hépatiques, Algues par leur prothalle, mais Algues qui ont acquis, sous l'influence du milieu aérien, des caractères morphologiques spéciaux.

A un degré plus élevé que les Champignons et les Lichens, les Mousses et les Hépatiques représentent aussi un groupe *inadaptif*, c'est-à-dire non susceptible de se plier à des évolutions subséquentes, par suite de la prépondérance du thalle cellulaire à sexualité tardive.

Mais voici venir d'autres modes de développement du système végétatif secondaire, où les archégones et les anthéridies sont portés sur des thalles ou prothalles différents, où le produit d'un seul archégone arrive à se développer, donnant naissance à un sporogone assez vigoureux pour supplanter le système végétatif d'où il est issu, s'enraciner dans le sol et se développer en tissus fibro-vasculaires jusqu'alors inconnus. Tel est le cas des Prêles, des Fougères, des Ophioglosses. Ce caractère s'accentue de plus en plus dans les Rhizocarpées et les Lycopodiacées, l'Algue aérienne, le thalle, descendant à un rôle de plus en plus infime pour disparaître plus tard tout à fait, tandis que le sporogone qui lui succède se développe toujours davantage, préparant la série dont les

divers degrés nous conduisent d'abord aux Gymnospermes, puis enfin à la branche du règne la plus jeune, mais la plus élevée en organisation et aujourd'hui prépondérante, la branche des Angiospermes.

Telle est la synthèse, résumée et réduite à quelques traits essentiels, de l'exposé développé et détaillé en premier lieu par nos auteurs.

Appliquant ensuite ces observations sur les plantes actuellement vivantes aux végétaux fossiles des mêmes ordres, MM. de Saporta et Marion peuvent donner un grand nombre d'exemples de ces graduations insensibles de proche en proche qu'ils expliquent par la théorie de l'évolution. Ils font ressortir de plus ce fait considérable que les adaptations successives correspondent toujours exactement aux conditions de milieu, de température, de climat, etc., fournies par les périodes géologiques qui les ont vues apparaître; de telle sorte que la différenciation progressive, qui s'opère graduellement dans le monde végétal, est toujours parallèle et comme adéquate au développement également progressif de la conformation et des conditions générales de la physique du globe.

Exposées quant au détail, pour toute la série des plantes cryptogamiques, série considérable aux âges paléozoïques, ces observations feront, appliquées aux phanérogames, l'objet du second volume attendu dont nous avons parlé plus haut. L'extrême intérêt qui s'attache à celui dont nous avons moins rendu compte qu'indiqué le sujet fait pressentir tout ce que nous promet le suivant.

Est-ce à dire qu'un esprit impartial ne saurait trouver dans ce tome Ier aucune petite défectuosité, aucune brume légère pour atténuer le mérite du travail? Non, sans doute, l'œuvre de MM. de Saporta et Marion pourrait encourir le reproche, après tout fort honorable en notre temps de scepticisme, de pécher par excès d'enthousiasme. Cet enthousiasme est tel chez eux, qu'ils n'admettent pas que leur théorie soit qualifiée d'hypothèse : c'est pour eux la certitude, la certitude absolue. A ceux qui demanderaient, pour accepter cette certitude, des preuves suffisamment convaincantes, ils répondent que c'est vainement que la science s'épuiserait à vouloir les leur fournir, *dès qu'ils sont disposés à les écarter comme insuffisantes* (1).

Nous ne saurions accepter cette fin de non-recevoir. On n'a pas le droit de prêter, à qui demande loyalement des preuves suffisantes, l'arrière-pensée et le parti pris d'avance de les réprouver systématiquement. On peut très bien accepter la théorie de l'évolution ou du transformisme telle que la comprend et l'admet M. de Saporta, mais à titre d'hypothèse plausible, probable, ayant en tout cas cet avantage immense d'être

(1) P. VII.

sans doute celle qui jusqu'ici explique le plus grand nombre de faits et les explique le mieux, — et réserver cependant jusqu'à plus complet informé cette adhésion absolue que commande seule l'évidence acquise.

Une telle réserve n'a rien d'hostile à une théorie; moins encore est-elle antiscientifique. C'est au contraire, croyons-nous, le véritable esprit scientifique, la vraie méthode philosophique qui la dicte.

Tant que les adeptes d'un système en sont encore réduits à recourir sans cesse à des formules dubitatives, ils ne sont pas en droit de proclamer sa solidité absolue. Or, à chaque page l'on rencontre, dans l'ouvrage qui nous occupe, des affirmations atténuées par des membres de phrase tels que : « ont dû », « ont pu », « sans doute », « assurément », « il est par suite légitime de croire et naturel de constater que tels végétaux *ont dû* commencer à se montrer (1) », « pourrait bien dénoter », « loi qui paraît s'étendre », etc. Pour qu'une démonstration ait la puissance de forcer la conviction, il lui faut un langage plus ferme et plus assuré.

Il faudrait aussi éviter d'ébranler dès les débuts (p. 26) la confiance du lecteur par l'énoncé, sérieusement et d'ailleurs sincèrement fait, de données que la science a dû repousser comme vaines et résultant d'une méprise. En nous disant que l'Amibe des bords sableux de la Méditerranée provençale, « est évidemment très proche parent du Protobathybius des mers polaires », les auteurs du l'*Évolution du règne végétal*, risquent d'éveiller tout d'abord la méfiance dans l'esprit de ceux de leurs lecteurs — et ils sont nombreux — qui connaissent le roman, la mystification pour mieux dire, du *Bathybius*, ce prétendu protoplasme marin au sulfate de chaux.

Les faits nombreux et considérables qui militent en faveur de la théorie sont encore séparés par d'importantes lacunes, les auteurs dont nous nous occupons le constatent eux-mêmes presqu'à chaque pas. A la vérité, ils justifient par d'excellentes raisons ces lacunes. Il n'en est pas moins vrai qu'elles existent. Elles pourront diminuer en nombre par la suite et se restreindre en étendue ; et peut-être un jour se réduiront-elles assez pour que le système laissé en suspens par elles arrive à ce degré élevé de probabilité qui, dans les sciences d'observation, équivaut à juste titre à la certitude.

Tel n'est pas le cas jusqu'ici.

Nous croyons donc avoir le droit, — tout en regardant la théorie évolutionniste avec sympathie, tout en la tenant pour capable d'imprimer un essor important aux sciences biologiques, — de ne la considérer encore et jusqu'à nouvel ordre que comme une hypothèse heureuse.

(1) P. 101.

Ajoutons seulement que, par les minutieuses et innombrables observations qu'il révèle, par la pensée contenue et dégagée de toute préoccupation étrangère à la science qui l'a dirigé, par l'esprit d'induction éminemment scientifique qui y règne, le travail de MM. de Saporta et Marion, est un de ceux qui pourront contribuer le plus à faire progresser et accepter leur doctrine.

C. K.

VI

Cours de Botanique fossile *fait au Muséum d'histoire naturelle*, par M. B. Renault, aide-naturaliste, docteur ès-sciences physiques et naturelles, lauréat de l'Institut ; correspondant de l'Institut géologique de Vienne, etc. — *Première année.* — *Cycadées, Zamiées, etc.* — Avec 22 planches lithographiées. — Un vol. gr. in-8° de x-228 pages. 1881. Paris, G. Masson.

Peu nombreuses sont les classes de plantes qui, représentées dès les premiers âges géologiques, ont encore des espèces vivantes sur notre globe. Sans doute, si l'on compare la flore contemporaine à la flore quaternaire ou aux flores tertiaires, on ne trouve de différences bien tranchées que dans les espèces; et, jusqu'à la période cénomanienne correspondant au crétacé supérieur inclusivement, les genres offrent à peine quelques changements. Mais si l'on pénètre plus avant dans les diverses formations de l'écorce solide qui nous porte, les différences s'accentuent de plus en plus, et, parvenu aux couches géologiques les plus anciennes, on se trouve en présence de types végétaux qui semblent n'avoir plus aucun rapport ni prochain ni éloigné avec les espèces aujourd'hui vivantes.

Pour commencer son cours de botanique fossile au Muséum d'histoire naturelle de Paris, M. Renault a choisi une famille végétale qui, apparue sur le terrain houiller, a eu des représentants à tous les âges et en offre encore quelques-uns aujourd'hui, relégués, il est vrai, dans les régions intertropicales principalement de l'autre hémisphère, la famille des *Cycadées.* Famille mal définie du reste ; en tant que gymnosperme, voisine des conifères, mais offrant aussi des types que les savants hésitent à ranger parmi les cycadées ou parmi les fougères, plantes cryptogames, tels que le *Nilssonia* (Brongn); d'autres dont les uns font des fougères, ceux-ci des conifères proprement dits, ceux-là des salisburiées comme le *Noeggerathia* (Sternberg) qui, d'après M. Renault, devra être réuni

plus tard à quelque Poroxylée du terrain houiller ; famille enfin qui ne manque pas, à quelques égards, de certaines affinités avec celle des Palmiers, d'où un botaniste allemand, le Dr Karl Müller, avait proposé de désigner les genres qui la composent sous le nom de *Palmiconifères*.

Amené par ses observations et ses découvertes personnelles à y établir certaines divisions et à en rapprocher d'autres familles propres aux âges paléozoïques, M. Renault a formé, sous le nom de *Diploxylées*, un groupe de six familles, tant de cycadées que de familles voisines.

Diploxylées vient de διπλοῦς, double et ξύλον, bois : double bois. C'est que ces six familles présentent la remarquable particularité de contenir, dans les tissus de leurs espèces, deux formations ligneuses distinctes : l'une progressant du centre vers la périphérie, comme dans nos dicotylédones phanérogames, et qu'il nomme exogène ou centrifuge, l'autre progressant au contraire de la périphérie vers le centre et qu'il nomme endogène ou centripète. Ce caractère n'est du reste complet que dans deux des six familles de Diploxylées, les *Poroxylées* et les *Sigillariées* qui comptent géologiquement parmi les plus anciennes, les secondes remontant jusqu'au dévonien. Les deux tissus ligneux s'y manifestent dans tout l'ensemble de la plante, depuis les racines et tout le long de la tige jusqu'à l'extrémité des feuilles : ils sont représentés dans celles-ci par deux faisceaux vasculaires trachéidiformes, le centrifuge se dirigeant vers la face inférieure du limbe, le dessous de la feuille, le centripète vers sa face supérieure. Au sein des quatre autres familles, — qui seraient, par rang d'ancienneté, les *Cordaïtées*, les *Cycadoxylées*, les *Zamiées*, les *Cycadées* proprement dites, — le double tissu ligneux ne se retrouve plus dans le bois, mais seulement dans le limbe et le pétiole des feuilles, et, pour les Cycadées, dans la portion étalée en limbe ou dilatée en disque des écailles qui forment les inflorescences de l'un et l'autre sexe.

Les autres caractères généraux des Diploxylées sont : la nature homogène du système ligneux de la tige où les vaisseaux proprement dits sont toujours remplacés par des trachéides, — la nervation longitudinale et la consistance coriace des feuilles, — la structure et la disposition en cônes des inflorescences des deux sexes, — enfin l'organisation des graines, dont nous ne nous occuperons pas pour ne pas surcharger cette analyse de développements par trop multipliés.

De nombreuses cicatrices tantôt contiguës, tantôt espacées, laissées sur les tiges par la chute des feuilles (1), les tiges lisses ou cannelées, à cannelures simples ou multiples, tels sont les signes distinctifs de la plus ancienne de nos six familles, de celle qui s'éloigne davantage des Cyca-

(1) Ce sont ces cicatrices qui, par une certaine ressemblance avec des sceaux, ont valu son nom à la famille des Sigillariées, ainsi qu'au genre des Sigillaires : *Sigillum*, sceau.

dées, de la famille des *Sigillariées*. Il faut y ajouter cette particularité fort remarquable, et qui leur est commune du reste avec une autre famille étrangère aux Diploxylées, celle des Lépidodendrées, de croître sur de vastes rhizômes souterrains, qui sembleraient former une famille à part et auxquels on a donné le nom de *Stigmariées*. M. Renault fait remarquer, d'une manière parfaitement judicieuse, que, croissant dans la vase ou le sable inondé, les Stigmariées se développaient normalement à l'état de rhizômes souterrains; puis, quand ils arrivaient à un sol humide encore mais exondé, leur tête, sous l'influence de la lumière et de l'air atmosphérique, se dressait et se développait en tige aérienne, ici en tige de lépidodendron, là en svelte sigillaire. Les innombrables rhizômes de stigmariées retrouvés dans les strates du carbonifère, tantôt exclusivement horizontaux et ne perdant pas leur caractère de plantes à végétation souterraine, tantôt se redressant en tiges verticales de l'une de ces deux familles, ne laissent aucun doute sur la réalité de ce phénomène, qui peut fournir un élément aux discussions entre transformistes et non-transformistes. Du reste, la classification des sigillariées est loin d'être certaine : si M. Renault avec MM. Grand'Eury et de Saporta les comprennent aujourd'hui dans les phanérogames gymnospermes, et si le premier les réunit aux Cycadées et aux Cordaïtées dans le groupe des Diploxylées, d'autres savants les considéreraient comme cryptogames et en feraient des Lépidodendrons, de véritables Sélaginelles arborescentes.

Les *Poroxylées*, végétaux à double couche ligneuse comme les Sigillariées, différaient de celles-ci par leurs tiges lisses et dépourvues de cicatrices sur la surface extérieure, leurs feuilles subtriangulaires et pétiolées ou au moins longuement atténuées à la base. Leur cylindre ligneux extérieur ou centrifuge est composé de trachéides ponctuées, celles des Sigillariées étant rayées : de part et d'autre elles sont disposées en séries rayonnantes ; mais, tandis que dans les Sigillariées elles ne sont séparées que par de minces rayons médullaires de une cellule à deux au plus d'épaisseur, ces rayons acquièrent un grand développement aussi bien en largeur qu'en hauteur dans les Poroxylées.

Parmi les quatre familles de Diploxylées qui ne montrent de doubles faisceaux ligneux que dans les feuilles et en ont seulement de simples dans la tige, M. Renault place, à côté des Poroxylées, la famille des *Cordaïtées*. Celle-ci a des représentants depuis les formations devoniennes jusqu'aux permiennes inclusivement. C'est la plus étendue, dans la durée des premiers âges géologiques, des familles que nous avons étudiées jusqu'ici, à l'exception peut-être de la forme *Stigmaria* des Sigillariées.

Toutefois cette place n'est pas définitive. Le savant professeur observe que si le système ligneux des Cycadoxylées, colloquées par lui entre les Zamiées et les Cordaïtées, offre des analogies moins grandes avec celles-ci qu'avec les Cycadées, il n'est pas certain que le double faisceau centrifuge et centripète de leurs feuilles ne dépasse pas le pétiole de celles-ci pour s'étendre aussi dans les tissus corticaux. Le fait paraît probable pour l'un au moins de ses genres, le *Colpoxylon ;* et si l'on constatait qu'il s'étendît aux deux autres, force serait d'intervertir l'ordre de ces deux familles et de placer les Cycadoxylées entre les Poroxylées et les Cordaïtées, celles-ci venant à la suite des Zamiées.

Quant aux Cordaïtes, qui ne sont pas dénués de toute affinité avec les conifères, peut-être représentent-ils le *summum* d'élévation et de perfectionnement des végétaux de la flore houillère. C'étaient d'ailleurs des arbres de première grandeur, atteignant de trente à quarante mètres de haut comme nos plus beaux sapins du Jura ou des Alpes. Leurs tiges lisses, droites, unies, dépourvues de ces cicatrices que laisse ailleurs la chute des feuilles, et ramifiées au sommet, portaient des feuilles elliptiques, obovales, arrondies par le haut et qui, très rapprochées d'abord dans leur premier âge, ramassées, enroulées en manière de gros bourgeons, se développaient ensuite en se distançant par l'élongation du rameau qui les portait, et arrivaient parfois jusqu'à des dimensions de 1 mètre en longueur sur 15 à 20 centimètres en largeur. Racines toujours traçantes, jamais pivotantes. Cercle ligneux de faible épaisseur, le plus souvent, comparativement à la moelle qui est presque toujours d'un fort diamètre, et parfois disjointe à l'intérieur par des cloisons horizontales, par suite de l'extrême rapidité de la croissance de la tige. Considérée séparément dans des fossiles qui la présentaient isolée, cette moelle des Cordaïtes avait reçu le nom d'*artisia*. Deux ordres de faisceaux ligneux : à l'intérieur trachéides réticulées, rayées ou en spirale, à l'extérieur ponctuées avec aréoles. Fleurs disposées en régimes croissant au hasard sur la tige et portant exclusivement les uns les cônes mâles, les autres les cônes femelles.

Les *Cycadoxylées*, troisième famille, au moins provisoirement, des Diploxylées de M. Renault, offrent des troncs fossiles sans aucune trace, à la surface extérieure, de cicatrices de feuilles. Comme dans les Cordaïtes, la moelle est volumineuse ; elle y est tantôt circonscrite par plusieurs cercles ligneux concentriques, comme dans les espèces du genre *Medullosa*, tantôt divisée en plusieurs masses par des cercles ligneux, à contours flexueux, et qui s'anatosmosent de distance en distance suivant la longueur, comme dans le genre *Colpoxylon*.

Les fleurs et les feuilles des Cycadoxylées sont jusqu'à présent peu

connues. On a vu plus haut que le classement de cette famille avant les Cordaïtes n'est pas encore définitif.

Nous arrivons aux deux familles du groupe qui se sont perpétuées jusqu'à nous, les Zamiées et les Cycadées, celles-là n'étant à vrai dire qu'un dédoublement de celles-ci, et toutes deux pouvant légitimement être réunies en une seule.

Ici nous avons affaire à des troncs ordinairement simples, quoique se dédoublant quelquefois par dichotomie, généralement courts, épais et trapus ; la hauteur, en bien des cas, surtout dans les Zamiées, ne dépassant pas beaucoup le diamètre. L'écorce est recouverte d'un véritable réseau de cicatrices, résultant de la base des feuilles persistant après leur chute.

Les feuilles, ou plutôt, les frondes sont pinnées ou comme pectinées, et se développent en une envergure plus ou moins vaste : dans les Cycadées proprement dites, le rachis et les pinnules de la fronde ont une nervation *circinée* à la façon de celle des fougères, et les pinnules ont une seule nervure médiane. La foliole de la fronde des Zamiées est au contraire munie d'un grand nombre de nervures fines, simples ou dichotomes, tantôt allant se terminer sur les bords du limbe, tantôt convergant vers le sommet.

L'inflorescence mâle des Cycadées est strobiliforme, mais l'inflorescence femelle se montre sous la forme d'une feuille transformée, parcourue par une nervure médiane à pétiole, épaisse, charnue, duveteuse, dentée sur les bords, avec les ovules engagés dans les échancrures. La forme en cône ou strobile est commune aux deux sexes dans les inflorescences des Zamiées.

Les Cycadées vivantes, peu nombreuses, sont rangées dans deux genres seulement : *Cycas* et *Stangeria*. Les fossiles ne comprennent qu'un genre certain : *Cycadites*. Plus abondantes sont les Zamiées, tant vivantes que fossiles ; citons, parmi ces dernières, les genres *Zamites*, *Dioonites*, *Pterophyllum*, *Bolpodium*, *Cylindropodium*, etc., dont quelques espèces, telles que l'*Encephalartos* (Zamites), se sont, à de légères différences près, conservées jusqu'à nous.

Tel est le résumé succinct et en ordre inverse de la partie principale du *Cours de botanique fossile*, 1re *année*, de M. Renault. Là où nous n'avons donné que les caractères principaux de chaque famille, il entre, avec pièces à l'appui, c'est-à-dire à l'aide de figures très détaillées, dans l'étude de tous les éléments de structure anatomique fournis par les échantillons fossiles les mieux conservés et les plus complets qui aient été observés, et peut donner ainsi la description des genres et des espèces, d'une manière aussi assurée que le permet la possession de débris le

plus souvent incomplets. C'est là le sort de la paléophytologie ou botanique fossile : ne pouvant pas toujours observer des organes de reproduction non parvenus jusqu'à nous, elle est obligée de fonder une bonne part de ses caractères sur les organes de la végétation seulement, ce qui ne laisse pas de faire planer une certaine part d'incertitude sur la fixité des ses classifications, bien qu'elle s'attache aujourd'hui à la recherche non seulement des caractères superficiels laissés par les empreintes, mais aussi de la structure anatomique des plantes dont les débris se sont conservés à l'état de lignite ou de moulage, ou par imbibition ou incrustation. Ici du reste, le très grand nombre des observations, la savante et judicieuse critique apportée dans le choix et la comparaison des organes considérés comme caractéristiques, offrent une garantie aussi complète qu'on puisse le désirer en l'état actuel de la science.

Résumé succinct *de la partie principale*, avons-nous dit, du Cours de botanique fossile. Ce n'est pas là tout le cours, en effet. Cette partie principale est précédée et suivie de *Notions préliminaires* et d'une *Conclusion* dans laquelle est contenue la partie du cours, nous ne dirons pas *philosophique*, — ne voulant pas employer un mot impropre ici et dont on abuse trop souvent — mais *théorique*. La description des divers organes, de leur anatomie, et la répartition en espèces, genres et familles résultant de leur classement, correspondent à la constatation et au groupement des faits ; nous trouvons dans le surplus les éléments de la théorie destinée à les relier entre eux.

La première remarque importante qui s'offre à l'attention est la correspondance remarquable entre l'ordre adopté pour la classification des Diploxylées et leur rangement par ordre d'ancienneté.

Les *Stigmariées*, avant de perdre leur caractère exclusif de rhizômes ou plantes croissant horizontalement entre deux terres, se rencontrent dans les couches les plus profondes du dévonien et, par le genre Ficoides, persistent jusqu'au permien. Avec les Diploxylons et les Sigillaires cannelées, la famille des *Sigillariées* apparaît dans le houiller inférieur pour s'éteindre, avec les Sigillaires lisses, également dans le permien. Même durée pour les Cordaïtes, l'existence des *Poroxylées* et celle des *Cycadoxylées* n'ayant éte constatée jusqu'ici que dans le houiller supérieur.

Si nous faisons abstraction du genre Noeggerathia (houiller moyen) dont la place, suivant M. Renault lui-même, est beaucoup plus probablement parmi les Poroxylées que parmi les Zamiées, ces dernières sont toutes réparties entre le houiller supérieur et le miocène, celui-ci compris. Enfin les *Cycadées* proprement dites, qui ont, comme les Zamiées, des représentants encore de nos jours, rempliraient toute la série des âges géologiques à partir du houiller inférieur, où elles sont représentées par un *Cycadites* de faibles dimensions et d'ailleurs douteux, le *C. taxo-*

dinus (Goeppert). Des lacunes importantes se font cependant remarquer parmi les Cycadites aussi bien du reste que parmi les Zamiées, et les premières s'arrêtent au crétacé inférieur. Mais il faut tenir compte ici d'une loi qui ne se démentirait jamais en paléophytologie et ne subirait d'exception — à partir du crétacé— que dans le cas de retour de conditions climatériques ayant disparu momentanément : c'est la *loi d'extinction* d'après laquelle, quand une espèce ou un genre disparaît, c'est pour ne plus reparaître jamais. Lors donc que des lacunes existent, ce serait uniquement parce que les fossiles nécessaires pour les combler ont disparu ou n'ont pu être encore trouvés. Et puisque la flore contemporaine comprend des Cycadées, c'est que cette famille a dû être représentée pendant les âges qui nous séparent du crétacé inférieur : les recherches ultérieures en fourniront vraisemblablement la preuve directe, de même que l'on doit s'attendre à voir se combler peu à peu la petite lacune qui sépare les Zamites miocènes de l'*Encephalartos* de nos jours, à peine différent de certaines de leurs espèces.

Une autre loi non moins importante se dégage également de l'ensemble des faits qu'on a pu recueillir jusqu'ici en botanique fossile. A partir de l'apparition de la végétation sur notre globe et jusqu'aux formations crétacées, les différentes flores anciennes ont couvert successivement la terre, chacune la revêtant simultanément tout entière. C'est la *loi de concordance des espèces*, résultant de l'uniformité climatérique du globe, que révèle la disposition même des tissus des végétaux arborescents, homogène dans chacune de ses parties ou n'offrant que des variations insignifiantes, perceptibles seulement à l'aide dn microscope et correspondant à des oscillations de température non moins insignifiantes. Ce n'est guère qu'au cénomanien, base du crétacé supérieur, que la disposition des tissus ligneux d'une part, de l'autre un commencement de localisation des flores, permettent de pressentir une première ébauche de la future répartition des zones climatériques sur notre globe. Alors une végétation comparable à celle de notre zone torride actuelle s'étendait encore jusqu'au cercle polaire et, dans l'intérieur de celui-ci, cette même flore mêlait ses représentants à ceux d'un climat relativement tempéré.

Mais quand, auparavant, quelques changements se manifestaient par l'extinction de certaines espèces, de certains genres et l'apparition de genres nouveaux, d'espèces nouvelles, c'était simultanément sur toute la surface du sphéroïde qu'avaient lieu ces modifications. Etait-ce seulement la conséquence du refroidissement graduel et, sur les continents, de l'asséchement de l'écorce terrestre, ou bien l'accomplissement d'une loi préalable d'après laquelle familles, genres, espèces, seraient destinés, tout comme les individus, à se développer d'abord progressivement jusqu'à un certain maximum, puis à décroître, à décliner et enfin à

périr ? Le professeur évite sagement de trancher cette question délicate, mais non moins sagement il s'applique à faire ressortir l'importance de ces variations dans les genres, tels que ceux des familles dont il s'occupe et que l'on peut suivre pendant une durée suffisante des périodes de la vie sur notre planète.

Enfin une certaine évolution d'organes ressort de l'étude attentive des différentes familles, des différents genres de la classe des Diploxylées. En suivant la marche descendante, inverse de celle que nous avons parcourue, mais adoptée par l'auteur, on voit que la structure interne des Cycadées et des Zamiées ne varie pas sensiblement, leurs différences génériques et spécifiques n'étant établies que sur les caractères tout extérieurs des frondes et de leur folioles, ou de la disposition des cicatrices sur la tige. Pas de variations bien appréciables non plus, sous le même rapport, dans les Cycadoxylées et les Cordaïtées, si ce n'est que le double cordon vasculaire de la feuille et de son pétiole y serait un peu mieux accusé, se prolongeant peut-être même, en quelques Cycadoxylées, jusque dans l'intérieur de l'écorce.

Puis, quand nous arrivons aux Poroxylées et aux Sigillariées, ce double faisceau vasculaire pénètre jusque dans la tige qu'il parcourt dans toute sa longueur, le bois centripète prenant même une importance considérable relativement au bois extérieur, qui, dans quelques Poroxylées, finit par se réduire à un cercle de faisceaux isolés et distants les uns des autres. Au-dessus du permien et à partir du trias on ne trouve plus le faisceeau vasculaire double dans la tige.

L'association des deux couches ligneuses, endogène et exogène, serait-elle considérée comme un caractère cryptogamique? Il faudrait alors en conclure cette conséquence remarquable d'une classe de végétaux se dépouillant graduellement, à travers les âges, d'un caractère considéré précédemment comme essentiellement fixe et nettement délimité. Il y a mieux encore. Les graines des Cordaïtes et, plus particulièrement, celles que l'on attribue aux Sigillaires ont, au nucelle, une *chambre pollinique* dans laquelle le grain de pollen, sorti non entièrement développé de l'anthère, achevait de s'élaborer et de se parfaire pour opérer ensuite la fécondation de l'ovule, lorsque la graine était placée dans les conditions voulues pour la germination, mais pouvant aussi s'y conserver pendant un temps plus ou moins long. Des phénomènes analogues ont été constatés par M. Warming sur le Ceratoramia, genre de Zamiées vivantes, où l'embryon ne se développe que quand la graine a été placée dans le sol pendant un certain temps. Des graines silicifiées de Cordaïtes et de Sigillaires à divers degrés de cette évolution ont permis de constater cette marche du travail pollinique et embryonnaire dans ces Diploxylées. Or ce mode de fécondation offre un curieux parallélisme avec celui de certains végétaux cryptogamiques vasculaires à

spores différenciées, où microspores et macrospores développent séparément des prothalles mâles et femelles, lesquels, si une goutte d'eau vient à les réunir, peuvent voir leurs anthérozoïdes transformer les oosphères en oospores. Ainsi les graines de Diploxylées se détachaient de la plante sans que les oosphères fussent fécondées, mais emportant avec elles des grains de pollen, ceux-ci continuaient à se développer dans la chambre pollinique après l'ensemencement, puis finissaient par atteindre les oosphères; ensuite de quoi, l'embryon naissait et grandissait pour sortir de terre après le temps requis.

Ce mécanisme, dont certaines Zamiées nous offrent un exemple encore aujourd'hui, laisse des traces jusque dans les graines de nos Gnétacées et de nos Conifères, où l'on a reconnu l'existence d'une chambre pollinique dont le rôle paraît être devenu à peu près inutile, mais qui serait comme un reste, un souvenir d'une fonction végétale ayant existé en des végétaux éteints et rapprochés d'eux par un certain nombre d'affinités...

Tels sont, indiqués par une analyse bien sommaire, les débuts du nouveau cours inauguré au Muséum d'histoire naturelle de France par M. Renault. Ce commencement permet de pressentir ce qu'en sera la continuation, et d'apprécier la haute importance d'un cours si heureusement inauguré.

C. K.

VII

La religion en face de la science. *Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes*, par l'abbé Alexis Arduin, docteur en théologie, ancien élève du Collège Romain. — *Première partie :* Cosmogonie, *troisième édition* revue et complétée. — 1881. Lyon, Vitte et Perrussel. — Paris, Jules Vic.

Nous avons dit, en analysant le très important et nouveau chapitre IX de la *Cosmogonie* (1), que nous aurions à faire, sur les théories que combat l'auteur et sur celles qu'il adopte, certaines réserves, mais que, pour ne pas embarrasser la marche de l'analyse générale du livre, nous les garderions pour la fin.

Certes, il peut paraître hardi et bien osé à nous de contester les vues d'un auteur qui, par la façon même dont il traite le vaste et complexe sujet qu'il a abordé, révèle un philosophe, un théologien et un savant à côté duquel nos propres lumières sont assurément bien faibles et bien effacées. Mais, sur le terrain d'une discussion courtoise et amicale, il

(1) Voir la livraison de juillet, pp. 237 et suiv.

est toujours permis, surtout dans des questions controversables par nature, de soumettre à plus éclairé que soi les doutes, les difficultés et les objections : et si Gros-Jean se trouve finalement avoir tort contre son curé, il aura toujours, jusque dans l'aveu de sa défaite, contribué à faire luire des lumières nouvelles sur les sujets en discussion.

Nous n'insisterons pas sur le mode de classement des systèmes atomiques, tel que nous le présente la IXe leçon de la *Cosmogonie*. Il nous semble cependant qu'entre l'atomisme mécanique (non pas celui de Leucippe et de Démocrite, mais bien celui de Descartes et de Newton), et l'atomisme dynamique ou chimique, les différences ne sont pas tellement essentielles qu'on ne puisse les réunir en un seul système ; tous deux admettent en définitive l'atome étendu et indivisible, et les forces d'affinité et de cohésion de celui-ci ne nous paraissent pas différer fondamentalement des mouvements atomiques de celui-là. D'autre part, l'atomisme grossier de Démocrite, d'Épicure et de Lucrèce, avec ses atomes fourchus, crochus, branchus, polyédriques, sphériques, etc., existant et se mouvant de toute éternité et ayant créé le monde par leurs rencontres fortuites, semble s'éloigner singulièrement des doctrines éminemment spiritualistes d'un Newton ou d'un Descartes.

Mais ce n'est là qu'un détail de classement.

Où nous croirions pouvoir nous permettre de nous séparer plus sérieusement de notre auteur, c'est dans son appréciation de ce qu'il appelle le dynamisme pur, qui n'est autre chose que la théorie atomique moderne, telle que l'adoptent aujourd'hui, sinon les philosophes non savants, du moins la plupart des savants vraiment philosophes, nous voulons dire les savants spiritualistes et théistes.

« Ce système ne saurait être admis, lisons-nous à la page 317, parce qu'il est impossible de concevoir l'extension réelle des corps comme le résultat de l'action mutuelle, des rapports, de points mathématiques sans extension, ou de pures forces dénuées de toute étendue géométrique. »

L'objection serait fondée si les points mathématiques dont il est ici question n'étaient considérés que comme tels. Mais envisagés comme sièges et points d'application de forces, les unes attractives et les autres répulsives, *agissant* à des *distances* extrêmement petites relativement à nos habitudes d'esprit mais très réelles néanmoins, nous ne voyons pas en quoi l'extension résultant de leur groupement peut répugner à l'intelligence. Il n'est peut-être pas absolument exact non plus de dire que ces forces sont dénuées de toute étendue géométrique. Sans doute elles n'ont pas d'étendue par leur essence, mais elles en ont par leur action, et l'esprit se représente très bien un corps homogène et de forme déterminée par la présence d'un nombre plus ou moins grand de forces, agissant les unes sur les sièges des autres, s'attirant dans la

mesure voulue pour maintenir la figure et les dimensions du corps, se repoussant aussi dans la mesure voulue pour assurer sa cohésion et son impénétrabilité.

L'objection suivante se trouve, par là, d'avance combattue :

« On ne conçoit pas mieux, ajoute l'auteur, l'existence de forces sans un objet auquel ces forces soient appliquées. » En effet. Mais cet objet ne fait pas défaut : les forces dont chaque atome est le siège ont pour objet les atomes où elles ont leurs points d'application, ou mieux encore les *masses* de ces atomes.

Il nous semble étrange d'entendre déclarer inconcevable ce que nous concevons sans le moindre effort. Les géomètres qui, après tout, sont, par la force des choses, les penseurs les plus habitués à l'abstraction, conçoivent si aisément ce prétendu inconcevable, qu'ils l'emploient à tout moment pour simplifier des questions où cependant, assurent-ils, ils pourraient s'en passer. Ce n'est pas notre entendement, ce n'est pas notre faculté de concevoir, que cette théorie effarouche ; c'est uniquement notre imagination. Nous ne médirons pas de l'imagination, qui est une faculté fort utile, qui nous aide beaucoup, même dans les théories abstraites ; mais il faut la laisser dans son rôle d'auxiliaire, inapte à commander et à juger, et de ce qu'une chose lui échappe ne pas conclure que cette chose n'est pas. Ces points, centres de forces attractives ou répulsives, ont leurs propriétés par lesquelles l'entendement les caractérise. Le géomètre les conçoit si bien qu'il les fait entrer, sans incertitude, dans ses équations d'où, par les déductions rigoureuses du raisonnement mathématique, il déduit l'explication des phénomènes complexes qui frappent également notre intelligence et notre imagination. On les conçoit même très bien sans être son égal. Comme lui, je conçois sans effort deux atomes pondérables s'attirant jusqu'à un certain degré de rapprochement, puis subissant, par l'action d'atomes d'un autre ordre (impondérables) dont chacun d'eux est entouré, un effet de répulsion qui les empêche de se confondre. Je conçois tout aussi aisément d'autres groupes pareils, en aussi grand nombre que l'on voudra, et presque aussi rapprochés les uns des autres que le sont entre eux les éléments de chaque groupe ; cette multitude de petits systèmes, étant rangés dans l'ordre des trois dimensions, représentent parfaitement à l'esprit les éléments d'un solide quelconque : les forces attractives déterminent et maintiennent sa forme géométrique et l'adhérence de ses parties, les forces répulsives, sa résistance ou son impénétrabilité, tandis que l'action des ondes calorifiques et lumineuses sur les atomes impondérables détermine sa couleur et sa température.

Le *dynamisme pur*, ou la théorie atomique proprement dite, n'encourt pas le reproche que notre auteur lui adresse en ces termes : « Il serait

illogique d'apporter à l'appui de cette théorie des exemples empruntés à la géométrie, où l'on admet des points sans extension comme éléments des lignes ; ces points sont des abstractions, et les géomètres enseignent qu'ils sont d'ailleurs privés de toute propriété positive ; les corps, au contraire, sont des êtres réels et jouissant de propriétés parfaitement définies dont le *substratum* ne saurait être des êtres de raison. »

Il résulte, croyons-nous, de ce que nous avons dit, que les atomes du dynamisme ne sont rien moins que des êtres de raison : la force et la masse dont chacun d'eux est doué suffisent complètement à lui donner une réalité concrète. Il y a ici une équivoque portant sur l'expression de *point mathématique :* considéré géométriquement, comme élément ou plutôt comme générateur des lignes, des surfaces et des solides abstraits de la géométrie, le point mathématique est sans doute, comme les figures qu'il engendre, une abstraction ; et dans de pareils termes nous convenons parfaitement de l'impossibilité pour les corps de n'avoir pour *substratum* que des êtres de raison. Mais dès que nous faisons de ce point mathématique un centre attractif qui le dote d'une masse ; dès que nous donnons pour objet à cette force attractive la masse d'un autre atome dans des conditions identiques ; dès que nous entourons ce centre d'une sorte d'atmosphère d'éther, composée d'autres atomes doués de forces répulsives ; notre point mathématique cesse d'être une abstraction, et devient bel et bien une entité fort concrète.

A la théorie atomique proprement dite, au « dynamisme pur », notre auteur préférerait l'atomisme dynamiqne ou chimique qui, dit-il, « réunit dans une synthèse légitime l'atomisme » (celui de Newton et de Descartes) « et le dynamisme pur, insuffisants et faux quand ils sont séparés et qui se complètent l'un l'autre. » Nous serions porté à conclure de là que le seul point qui éloigne M. l'abbé Arduin de la théorie atomique (« dynamisme pur »), est l'admission des atomes *inétendus :* mais là n'est pas le fondement du système, et l'on peut accorder aux imaginations que révolte l'idée de forces appliquées à des points mathématiques, la concession des atomes étendus, sans que la théorie en soit modifiée dans son essence et sans que ses fécondes conséquences en soient diminuées.

La théorie des corps qui, dans cette troisième édition, a toutes les préférences de l'auteur, est le système péripatéticien. Fondée par Aristote, elle a précédé de vingt siècles l'étude scientifique des phénomènes, et est absolument indépendante de la science proprement dite. Nous n'avons donc pas à l'examiner dans cette Revue. Mais nous soumettrons un doute à l'auteur. Pour « concilier » cette théorie avec les sciences expérimentales, il propose l'hypothèse de l'*éther continu*. Est-il bien sûr que cet éther puisse être « le milieu parfait et universel dont les mécaniciens ont besoin pour expliquer les phénomènes lumineux » ? Cauchy

et tous les géomètres qui ont, par leurs immenses et admirables travaux, fondé à jamais la théorie des ondulations, ne l'ont fait qu'au moyen d'un éther discontinu, où les distances qui séparent les atomes sont considérablement plus grandes que les oscillations de ces mêmes atomes. A-t-on essayé de refaire leurs calculs dans l'hypothèse d'un éther continu? Si on ne l'a pas encore essayé, a-t-on du moins quelque espoir d'y réussir? Dans le cas contraire, que vaut l'hypothèse proposée?

Hâtons-nous d'ajouter, du reste, que ces vues de M. l'abbé Arduin, que nous nous sommes permis de ne pas partager, sont après tout secondaires quant à l'objet de son écrit. L'accord des données de la science contemporaine avec la cosmogonie mosaïque n'en demeure pas moins victorieusement établi et inattaquable pour tout esprit sincère et de bonne foi.

Si nous avons cru devoir relever ces divergences, c'est, comme nous le disons plus haut, que d'une discussion fondée sur la courtoisie comme sur une estime et une sympathie réciproque, il ne peut sortir, quel qu'en soit le résultat, qu'une plus grande somme de vérité. Après avoir relu, du reste, dans sa nouvelle forme, le lumineux travail du R. P. Carbonnelle sur les *Confins de la science et de la philosophie*, il nous a paru que nous pouvions, fort de cet appui et d'une autorité aussi haute, combattre des théories qui nous satisfont moins, que nous concevons moins que celles que nous y avons puisées.

J. D'E.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ANTHROPOLOGIE.

Recherches ethnographiques dans le Mackensie (1). — Le R. P. Petitot, missionnaire au Mackensie, a adressé à la Société d'anthropologie de Paris, un long mémoire manuscrit sur des populations au milieu desquelles il a longtemps vécu, mémoire que je ne connais malheureusement que par un rapport présenté par M. Bordier à la Société. Son titre, *Quelques preuves directes de l'origine asiatique de plusieurs peuples américains, en particulier des Déné-Dindgié et des Innhuit, fournies par la comparaison des données archéologiques et ethnographiques*, annonce des conclusions qui ne devaient point être du goût de la Société d'anthropologie; aussi le rapporteur les a-t-il condamnées sommairement et sans discussion. Le R. P. Petitot s'appuyant sur des rapprochements ingénieux entre la forme des haches employées par les Déné-Dindgié et celle d'instruments analogues retrouvés dans des mines de cuivre du Caucase et des Asturies, pense que la peuplade américaine a connu les types asiatiques et qu'elle en a conservé le souvenir traditionnel. Il tire de ses usages, de son outillage domestique, de la forme de ses habitations, de ses rites funéraires, d'autres rapprochements fort intéressants au point de vue de l'ethnographie comparée, mais qui n'ont point assurément la valeur décisive qu'il tend à leur attribuer, dans la difficile question relative à l'origine des races nord-américaines.

(1) *Bulletin de la Soc. d'Anthrop. de Paris*, t.IV, 3e série, p. 47.

Les Déné-Dindgié habitent les bords du fleuve Mackensie et du lac du Grand Ours, à peu près sur le cercle polaire. Ils sont encore à l'âge de pierre. Mais leur industrie met tout à fait en défaut la classification qui a cours en Europe. Tandis que quelques tribus se servent d'objets en pierre polie, d'autres, qui sont cependant leurs voisins, ne font usage que d'objets et d'armes en pierre éclatée. Ce fait doit rendre prudents dans leurs conclusions les savants européens qui ont cru reconnaître en Amérique les phases successives de notre âge de pierre, malgré les dénégations des archéologues américains, qui répètent depuis longtemps, comme le R. P. Petitot, qu'il n'y a pas lieu d'établir jusqu'à présent de distinction, sur le nouveau continent, entre l'âge de la pierre polie et celui de la pierre taillée. Si de plus on attribue à l'ethnographie comparée la valeur qu'elle a bien réellement pour nous éclairer sur les usages des temps préhistoriques, ne serait-on pas en droit d'en tirer aussi cette conclusion, que, même en Europe, on a pu pratiquer simultanément la taille des haches par éclats et par le polissage, et que, par conséquent, une classification basée exclusivement sur les caractères industriels risquerait de se trouver souvent en défaut.

Comme les Européens de l'âge de pierre, les Déné-Dindgié se servent, en guise d'armes, de dents ou de mâchoires d'animaux. Ils emploient la navette pour tricoter et natter la peau du lièvre arctique réduite en lanières. La navette ayant été retrouvée aussi parmi des débris d'habitation datant de notre âge du renne, le R. P. Petitot suggère, non sans vraisemblance, que nos indigènes préhistoriques ont pu se fabriquer, avec la peau du lièvre, des vêtements ou des raquettes pour marcher sur la neige, analogues à ceux des habitants des rives du fleuve Mackensie. Autre rapprochement : les Indiens arctiques, ces hommes de l'âge du renne *moderne*, suivant l'expression très juste de l'auteur, recherchent comme un mets délicat la chair du Harfang, ou grand hibou blanc du Nord (Nyctea nivea), dont les débris ont été trouvés abondamment dans certaines cavernes de l'Europe occidentale.

Les Dénés habitent sous des tentes en plein vent, mais ils ont un culte superstitieux pour les grottes, et ne passent pas devant une excavation naturelle sans y laisser une offrande. « J'ai vu, dit le savant missionnaire, y déposer des flèches, des cuillers de bois, du tabac, et l'on y trouve les mille objets divers que l'on trouve souvent en Europe dans les cavernes des âges préhistoriques. » Le R. P. Petitot en conclut que nos cavernes ont été meublées de la même manière, aux temps quaternaires. M. Bordier rejette cette idée comme inacceptable, sans même la discuter. C'est peut-être aller bien vite. A l'époque du renne en effet, les Solutréens vivaient dans des huttes en plein air, et nous trouvons des grottes remplies d'objets archéologiques du même âge. Qui nous dira si ces grottes servaient réellement d'habitation à

des troglodytes, ou si elles étaient des lieux consacrés par des offrandes comme celles des Dénés ? Les Esquimaux construisent avec des blocs de glaces des habitations comparables à nos monuments mégalithiques. La maison d'un mort devient son tombeau, en sorte que, par une nouvelle analogie avec les mégalithes, les monuments de glace se trouvent convertis en monuments funéraires.

Les rites funéraires sont très variables chez les Déné-Dindgié. Le mort est placé tantôt accroupi, tantôt debout, tantôt allongé ; dans des fosses ou sur le sol ; dans des sarcophages de bois brut ou des troncs d'arbres ; etc. Ils pratiquent aussi l'incinération dans le but, dit le R. P. Petitot, de procurer une chaleur réconfortante au défunt dont le corps, sans cela, serait exposé à grelotter éternellement. Cet usage rappelle les sépultures sur foyer de nos stations de l'âge du renne.

D'après le savant missionnaire, « le peuple immigré d'Asie et possesseur du cuivre, le peuple introducteur de l'incinération et de la crémation, le peuple des mégalithes et de la déformation du crâne existe encore. C'est cette même race brachycéphale du peuple Karaïbo-Kollouche, esquimaude.

» La race Déné-Dindgié, l'élément qui domine, est évidement à mes yeux araméen et hébraïque. »

Avec M. Bordier, je demanderai des preuves plus rigoureuses d'une aussi importante conclusion, et notamment celle que pourrait fournir la craniologie.

M. Bordier établit qu'il y a au moins deux éléments dans les races américaines, l'un dolichocéphale, l'autre brachycéphale. Les Esquimaux et les Botocudos représentent aujourd'hui l'élément dolichocéphale qu'on trouve déjà au Brésil à l'époque quaternaire. Peut-être ces deux races refoulées l'une au nord, l'autre au midi, sont-elles les restes d'une race indigène primitive, à laquelle serait mêlée une race brachycéphale dont on retrouve les ossements dans les mounds. Il est plus que probable d'ailleurs, qu'un mélange s'est opéré avec l'Asie, par le détroit de Behring. Mais quelles ont été les conséquences anthropologiques et ethnographiques de ce mélange, c'est ce qu'il est impossible de dire encore. Les rapprochements constatés par le R. P. Petitot, entre l'Européen quaternaire et l'Américain du Nord, sont très curieux à enregistrer ; mais on ne peut dès à présent leur assigner une signification définitive et décider si, des uns aux autres, il y a eu tradition ininterrompue, ou si le même genre de vie a déterminé les mêmes usages dans des populations en réalité différentes d'origine.

Les âges de la pierre au Sahara central (1). — Un mémoire de M. Lucien Rabourdin, attaché à la première expédition transsaha-

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop. de Paris*, t. IV, 3e série, p. 115.

rienne de l'infortuné colonel Flatters, a soulevé, pour l'Afrique du Nord, un problème analogue à celui que nous venons d'examiner.

Entre l'oasis d'Ouargla et le lac Menkhongh, point extrême du voyage, M. Rabourdin a reconnu un grand nombre de stations et d'ateliers de l'âge de pierre, et fait une abondante récolte de silex taillés. Ces stations et ces ateliers se trouvent non seulement autour de puits actuellement visités par les caravanes, mais dans le voisinage de puits oubliés et desséchés depuis longtemps. L'auteur en tire avec raison la conclusion que le Sahara fut, à une époque préhistorique, habité par une population nombreuse, et qu'il devait se trouver alors dans des conditions climatologiques toutes différentes de celles que nous lui connaissons aujourd'hui. Et, en effet, des documents historiques nous apprennent que le désert n'a pas toujours été aride et inhospitalier. Sans remonter à Hérodote ni à Strabon, qui en témoignent très explicitement, le désert, au temps de l'historien berbère Ibn-Kaldonn qui vivait au milieu du XIVe siècle, était encore peuplé d'importantes oasis et sillonné d'une multitude de cours d'eau parfaitement nommés et décrits, et qui ont disparu depuis. « Cette transformation de contrées fertiles et peuplées en plaines arides, dit M. Rabourdin, s'est effectuée lentement, sans secousses, mais d'une façon continue, par l'influence des agents extérieurs sur la nature particulière des roches, qui se sont désagrégées jusqu'à tomber en poussière et se transformer en dunes, comblant les cours d'eau, détruisant les sources et rendant toute vie impossible. Ce mouvement se continue encore de nos jours, et les oasis du sud de l'Algérie disparaissent une à une sous les flots de sable... »

La nature et la disposition des ateliers de l'âge de pierre offrent une particularité remarquable. A mesure que l'on s'avance vers le sud, la taille des silex, tout d'abord parfaite, se montre de plus en plus hésitante et inexpérimentée. D'où l'auteur conclut, avec beaucoup de probabilité, que l'habitabilité du désert a décru du centre à la périphérie, et que les peuplades primitives qui y vivaient alors ont dû s'éparpiller sur ses frontières. Mais quelles étaient ces peuplades ? Pour M. Rabourdin la race berbère, actuellement disséminée sur les limites sud de l'Algérie et nord du Soudan, ainsi que sur les flancs ouest et est du grand désert, pourrait représenter de nos jours la descendance des populations sahariennes de l'âge de pierre.

A Hassi-Rhatmaia, autour d'un puits abandonné et inconnu des Arabes, l'heureux explorateur a recueilli, parmi les débris d'un vaste atelier couvrant au moins 4 kilomètres carrés, un fragment de hache polie en jade et une *Cypræa moneta*, coquille de la mer des Indes. D'après M. Damour, la hachette est en jade néphrite, très voisin de celui de la Nouvelle-Zélande. D'autres voyageurs ont signalé des faits analogues sur plusieurs points des terres Sahariennes. M. le capitaine

Parisot ramassait en 1875, sur la rive N. O. du Chott Melrir, une valve de *l'Arca rhombea*, de Bornéo ; et M. Thomas a rapporté de l'oasis de Sedrata diverses coquilles marines, parmi lesquelles deux spécimens de *Cypræa moneta*.

Ces faits tendent assurément à établir, comme une grande probabilité, l'existence d'une communication aux temps préhistoriques, entre le Sahara central et la côte est de l'Afrique, et peut-être même aussi les terres de la mer des Indes et l'Océanie. Si l'on tient compte de l'identité d'espèces botaniques, constatée par M. de Candolle, entre l'Asie méridionale et l'Afrique intertropicale, on pourrait admettre sans trop de peine, avec M. Rabourdin, qu'il y eut jadis communication par terre entre l'Afrique et la péninsule indienne, et que les peuplades de l'âge de pierre purent circuler entre la région saharienne et l'Asie méridionale. M. d'Eichthal a démontré de son côté la parenté de la langue des Foulahs d'Afrique et des dialectes de la Malaisie, particulièrement celui de Java.

M. Rabourdin assimile quelques-uns des silex qu'il a ramassés dans le sud à nos silex quaternaires, et même aux silex taillés prétendus tertiaires de l'Europe. C'est aller un peu vite. L'analogie de forme ne suffit pas pour justifier cette opinion, qui demande à être confirmée par des données stratigraphiques et paléontologiques, lesquelles nous font encore abolument défaut. Nous avons vu tout à l'heure que les formes les plus variées sont usitées de nos jours parmi les tribus de l'Amérique du Nord, et que la pierre polie et la pierre taillée s'y coudoient en quelque sorte. En résumé, nous ne savons rien du temps où ont vécu les tailleurs de silex du Sahara, nous ignorons quelles peuvent être leurs affinités ou leurs rapports chronologiques avec les populations historiques du littoral nord de l'Afrique. Sont-ils plus anciens, ou bien contemporains, ou même plus récents ? Autant de problèmes qui se posent et ne peuvent être résolus maintenant. Si l'on venait à établir géologiquement la réalité d'un âge de pierre préhistorique en Égypte, où les chronomètres naturels abondent, la question aurait fait un grand pas. Quoi qu'il en soit, il est extrêmement remarquable de voir se produire, là comme en Europe, comme peut-être en Amérique, des relations très anciennes avec l'Asie, qui s'affirme de plus en plus comme le centre d'où rayonnèrent les premières civilisations.

Importation de la néphrite et du bronze (1).— On a retrouvé, parmi les débris des stations néolithiques de l'Europe occidentale, un assez grand nombre de hachettes polies en jadéite et en néphrite, et l'on

(1) *Matériaux pour l'hist. primitive et naturelle de l'homme*, 2e série, t. XII, p. 257.

s'est naturellement demandé quelle pourait être leur provenance, si elles étaient de fabrication indigène ou d'importation étrangère. Les archéologues eurent tout d'abord une tendance à admettre qu'elles devaient être de provenance asiatique. Puis des doutes survinrent. Un mémoire de MM. Damour et Fischer, publié en 1878 dans la *Revue archéologique*, montrait que les hachettes en jadéite et en néphrite, au lieu d'être réparties uniformément en Europe, ou tout au moins de former des traînées marquant les voies d'importation qu'elles avaient dû suivre, dans l'hypothèse d'une origine orientale, se trouvaient au contraire groupées principalement sur des points compris entre le 41e et le 51e degré de latitude nord et, en général, peu distants du massif des Alpes. Bien que les auteurs du mémoire se soient abstenus de conclure, il paraissait résulter des faits présentés par eux que la jadéite et la néphrite, qui ont servi à la confection des hachettes néolithiques, pourraient bien être tout simplement d'origine indigène.

M. de Mortillet vient de reprendre la question avec quelques éléments nouveaux. Constatant avec MM. Damour et Fischer qu'il y a une différence assez sensible au point de vue minéralogique entre les jadéites trouvées en Europe, et la jadéite d'Asie, il admet comme certain que la jadéite, en partie au moins, est bien européenne. L'identité au contraire est parfaite entre nos néphrites et la néphrite orientale. Ce ne serait pas une preuve d'origine suffisante ; mais voici un fait qui éclaire la question d'un jour assez imprévu.

Il existe sur le lac de Bienne, à OEfeli, une station lacustre qui paraît dater des débuts de l'âge des métaux. On y a recueilli quelques objets en bronze et un grand nombre d'instruments en pierre. Parmi les premiers se trouve une épingle en bronze, à deux tiges, dont l'analogue n'existe que dans l'attirail de toilette d'une chinoise ou d'une japonaise. Les seconds renferment trente ou quarante hachettes en néphrite ou en jadéite. L'hypothèse qui se présente assez naturellement à l'esprit c'est qu'épingle et hachette sont venues ensemble de l'extrême Orient. Aussi M. de Mortillet voit-il dans cette association un argument favorable à l'importation orientale de la néphrite. On peut reprocher à cette conclusion de reposer un peu trop exclusivement sur une pointe d'épingle.

Emploi de la Callaïs dans l'Europe occidentale pendant les temps préhistoriques (1).— A propos de la Callaïs, une espèce minérale très voisine de la turquoise, M. Cazalis de Fondouce arrive à des résultats analogues. La callaïs n'est encore connue qu'à l'état manufacturé.

(1) *Matériaux pour l'hist. primitive et natur. de l'homme*, 2e série, t. XII, p. 166.

Elle fait son apparition dans l'Europe occidentale à la fin de l'époque néolithique, et c'est surtout pendant les premiers temps de l'âge du bronze qu'elle fut utilisée sous la forme de grains de colliers. C'est principalement dans l'ouest et le midi de la France, ainsi qu'en Espagne et en Portugal, que ces bijoux en callaïs ont été signalés. Or, comme il n'existe dans ces contrées aucun gisement naturel de cette substance, on est obligé d'en chercher l'origine ailleurs. M. Damour, qui l'a nommée callaïs, parce qu'il a cru reconnaître en elle un minéral déjà décrit sous ce nom par Pline, prouve qu'elle peut, comme la callaïs des anciens, provenir de la Perse, où l'on connaît encore actuellement des gîtes de turquoise, notamment près de Michabour dans le Khorassan. Il n'est pas improbable, d'après cet auteur, que la callaïs verte et la turquoise, formées des mêmes éléments (eau, acide phosphorique et alumine), se soient rencontrées dans les mêmes gîtes. M. Cazalis de Fondouce se demande encore si, en raison de la distribution géographique de cette substance dans les stations préhistoriques de l'Europe occidentale, les Ligures ne devraient pas en être considérés comme les propagateurs. Il pose simplement la question sans avoir la prétention de la résoudre.

Crâne trépané de l'époque néolithique (1). — J'ai eu l'occasion de rendre compte ici (livraison d'octobre 1878) des recherches de Broca sur les trépanations préhistoriques. Le savant professeur inclinait à penser qu'elles avaient eu pour objet de traiter certaines maladies mentales ou nerveuses, l'idiotie, l'épilepsie et plus particulièrement les affections convulsives de l'enfance. Puis entraîné par son imagination féconde, il avait cru y voir aussi l'indice de superstitions et de croyances relatives aux esprits malfaisants. La découverte d'un crâne trépané dans une grotte à Bray-sur-Seine (Marne), avec une quarantaine de squelettes accompagnés de haches en pierre polie, de poinçons, de colliers en coquillages, nous ramène sur un terrain beaucoup plus positif. Il s'agit là, comme l'a démontré M. Parrot, dans une communication à la Société d'anthropologie, d'une opération chirurgicale destinée à combattre une lésion des os du crâne, qui paraît être une ostéite raréfiante exfoliatrice, due peut-être à une cause traumatique. Le siège de la trépanation prouve qu'elle a été faite dans le but de guérir le mal, et qu'elle n'a pas été la cause de l'affection. Dans l'hypothèse de Broca, la trépanation était dirigée contre un mal invisible. Le cas étudié par M. Parrot nous montre au contraire une opération thérapeutique pratiquée pour combattre un mal apparent. C'est un fait nouveau.

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. IV, 3e série, p. 104.

Musée préhistorique, par MM. Gabriel et Adrien de Mortillet, Album de 100 planches, contenant 1200 dessins classés méthodiquement ; grand in-8°, paraissant par livraisons bi-mensuelles.

Je ne dirai rien aujourd'hui de la classification adoptée par les auteurs de cette belle publication, ayant eu bien des fois déjà l'occasion d'en parler ici. C'est la classification bien connue de M. de Mortillet, telle qu'il l'a appliquée au Musée des origines nationales de Saint-Germain-en-Laye.

Abstraction faite de l'ordre systématique dans lequel les figures sont présentées, l'importance de cet ouvrage est surtout dans le choix heureux des types des diverses époques préhistoriques et dans leur habile reproduction. Tous les âges y seront représentés, depuis l'époque tertiaire, jusques et y compris la première époque du fer. Un texte descriptif très précis, quoique très sobre, a permis, sans dépasser les limites d'un recueil accessible à toutes les bourses, d'y rassembler des matériaux considérables. C'est un réel service rendu aux études archéologiques. Les planches, gravées par M. Adrien de Mortillet, sous la direction de son père, offrent des garanties d'exactitude qu'on ne rencontre malheureusement pas toujours dans les publications archéologiques de ce genre.

On y trouvera d'excellents types de comparaison, et la nomenclature y gagnera en précision par la définition, à l'aide d'exemples nombreux, des termes usités entre archéologues. De plus un système de classification, quel qu'il soit et quels que soient les remaniements que le progrès des études pourra lui faire subir, a toujours l'énorme avantage de fixer les idées et de fournir une base à la discussion.

Dans son *Musée préhistorique*, M. de Mortillet expose et décrit. Les preuves et les dissertations feront la matière d'un ouvrage sous presse, qui paraîtra dans la *Bibliothèque des sciences contemporaines*, sous le titre l'*Archéologie préhistorique*. En rendant compte de ce travail, depuis longtemps attendu, nous aurons l'occasion de discuter de nouveau, s'il y a lieu, les bases de son système de classification.

A. A.

ASTRONOMIE.

La marche des comètes dans l'espace, nous le rappelions dans notre dernier bulletin, est régie par les lois de la gravitation, comme celle de tous les corps qui forment notre système planétaire. La mécanique céleste permet donc de tracer leurs orbites, de calculer les perturbations qu'elles subissent de la part des planètes et de leurs satellites, et de prédire leur retour avec plus ou moins de précision. Mais la constitution physique et la nature chimique de ces astres étranges sont loin d'être aussi bien connues. Sur plus d'un point, on en est encore aux hypothèses et aux conjectures. Celles-ci, toutefois, ont leur intérêt et leur valeur ; elles émanent de savants éminents, et se basent sur des faits nombreux que nous allons tâcher de réunir ici.

Les queues des comètes. — La plupart des comètes télescopiques ne sont pas accompagnées de ces traînées lumineuses que l'on désigne sous le nom de queue. Ce ne sont, le plus souvent, que des amas nébuleux plus ou moins réguliers, que l'observateur confondrait facilement avec les nébuleuses qui peuplent notre ciel, s'il ne prenait garde à leur mouvement propre sur la sphère céleste. Quelques-unes cependant ont une queue rudimentaire.

Au contraire, parmi les plus grandes, visibles à l'œil nu, l'absence de queue est plutôt l'exception. Plusieurs même se sont montrées accompagnées de queues multiples. Ainsi, par exemple, la comète de Donati, en 1858, en avait deux; et celle de 1744 en avait cinq. « Leurs bords étaient assez distincts et rectilignes, » dit Chéseaux; chacune d'elles était composée « de trois bandes : celle du milieu était plus obscure et le double plus large que celles des bords. L'entre-deux des rayons était sombre comme le reste du ciel. »

Généralement, la queue n'apparaît que quelque temps avant le passage de l'astre au périhélie ; et elle prend parfois en quelques jours des développements énormes. Le 26 août 1682, Cassini n'observa aucun appendice à la comète de Halley ; trois jours après, la queue de cette comète mesurait trente degrés. Leur direction est soumise à une loi constante, ou du moins très générale. Cette loi consiste en ce que la queue d'une comète, outre qu'elle est toujours située dans le plan de l'orbite, a une direction opposée à celle du soleil. Elle est comme le prolongement du rayon vecteur mené du soleil au centre du noyau, si elle est rectiligne; si elle est courbe, elle est tangente à ce rayon vecteur. La queue

suit donc la comète avant le passage au périhélie; après, elle la précède.

La bande obscure dont parlait Chéseaux, et que l'on aperçoit généralement, dans le sens de la longueur, au milieu de ces traînées vaporeuses, semble indiquer un vide intérieur; de sorte que la queue d'une comète, dans son développement complet, semble être un conoïde creux(1). En y regardant de près, celui-ci paraît formé des effluves qui émanent du noyau, se dirigent d'abord vers le soleil, puis, rebroussant chemin, vont former, derrière l'astre, les parois du conoïde. Il est important de remarquer que tous ces détails s'observent même après le passage de la comète au périhélie, quand elle s'éloigne, par conséquent, rapidement du soleil : la matière émise par le noyau s'élance d'abord vers l'astre central, pour retourner ensuite sur elle-même, devancer la tête et former la queue à l'opposé du soleil.

Il semble donc que la matière du noyau, attirée par le soleil, subit aussi l'action d'une force répulsive qui la rejette en arrière. Ce qui paraît certain, c'est qu'il existe une relation intime entre la naissance, le développement et les variations des queues des comètes et la distance de ces astres au centre du soleil. Il est clair que cette dépendance se manifeste surtout pour les comètes dont la distance périhélie est faible; ce sont donc les plus propres à nous éclairer sur la cause de ces phénomènes étranges.

Apianus, Cardan, Tycho-Brahé ne voyaient, dans la queue d'une comète, qu'une illusion d'optique. D'autres y voyaient un effet de la réfraction que subit la lumière du soleil quand elle traverse le milieu gazeux et transparent qui forme l'atmosphère de l'astre. De nos jours cette idée a été reprise par Gergonne. Ce savant géomètre a montré qu'elle peut rendre compte des formes variées des appendices cométaires; mais elle suppose un milieu réfléchissant s'étendant à une distance énorme du noyau ; cette conséquence a paru difficile à admettre ; bien que dans cette hypothèse les mouvements de la queue s'expliquent aisément. Mais, sans recourir à l'hypothèse de ces atmosphères immenses, on pourrait peut-être chercher la matière réfléchissante nécessaire à l'explication des queues, dans les essaims d'aérolithes qui accompagnent les comètes et circulent autour du soleil. Des recherches dignes d'attention ont été faites dans cette voie par M. Schwedow et M. Virlet d'Aoust. Cette solution est peut-être celle qui a le plus d'avenir.

Képler plaçait la cause de la formation des queues dans le choc des rayons solaires. « Le soleil frappe la masse sphérique de l'astre, dit-il,

(1) Parfois cependant le contraire a été observé. Ainsi, par exemple, dans la queue de la dernière comète de 1618, « on voyait une ligne ou un trait éclatant qui, tel que la moelle d'un arbre, s'étendait dans toute la longueur de la queue, en divisant en deux sa largeur. » (Pingré).

par des rayons directs qui pénètrent sa susbtance, entraînent avec eux une partie de cette matière et sortent pour former au delà cette trace de lumière que nous appelons *queue de la comète*. Cette action des rayons solaires raréfie les particules qui composent le corps de la comète : elle les chasse, elle les dissipe. »

Cette action pouvait se concevoir aisément dans la théorie de l'émission ; mais elle semble bien difficile à admettre aujourd'hui que la théorie des ondulations l'emporte définitivement.

« Cette idée, dit M. L. Niesten auquel nous empruntons la citation de Képler, admise par Euler et Laplace, peut être considérée comme le point de départ de la *théorie de la force répulsive*, soutenue par un grand nombre d'astronomes contemporains (1). »

Newton pensait que la formation des queues des comètes résultait de l'action combinée de la gravitation et de la chaleur du soleil. « Les vapeurs les plus légères de l'atmosphère des comètes, dit-il, se raréfient par l'action de la chaleur solaire, elles échauffent à leur tour la matière éthérée environnante. Ainsi le milieu qui entoure la comète est raréfié ; il perd dès lors de son poids spécifique, et au lieu de tendre avec la même énergie vers le soleil, il va s'élever comme s'élèvent les couches d'air à la surface du sol (2). » Hooke et Boscovich adoptent cette manière de voir.

Olbers et J. Herschel ont recours à l'électricité. « Il n'est pas improbable, dit J. Herschel, que le soleil soit sans cesse chargé d'électricité positive ; quand la comète s'en approche et que sa substance se vaporise, la séparation des deux électricités s'opère, le noyau devenant négatif et la queue positive. Dès lors, l'électricité du soleil dirigera le mouvement de la queue, comme un corps électrisé agit sur un corps non conducteur électrisé par influence (3). »

M. Liais, dans son ouvrage l'*Espace céleste*, admet aussi l'existence d'une force électrique répulsive. Bessel compare l'axe de la comète à un aimant.

Il y a quelques années, un géomètre français éminent, M. Édouard Roche, a entrepris, par l'analyse mathématique, des *Recherches sur les atmosphères des comètes*(4). Ce même savant avait donné antérieurement d'autres mémoires *Sur la figure des atmosphères des corps célestes*. Nous allons tâcher de résumer ici les conclusions de ces études.

(1) *Ciel et Terre*, deuxième année, n° 11, p. 221. *Les queues des comètes*.
(2) Ibid.
(3) Ibid.
(4) *Annales de l'observ. de Paris*, t. X, p. 353, année 1859. — Académie des sciences et des lettres de Montpellier, *Mém. de la section des sciences*, t. II, p. 399, année 1854. — M. Résal, dans son *Traité élémentaire de mécanique céleste*, a consacré un chapitre aux recherches de M. Roche.

Le caractère essentiel de l'atmosphère d'un corps céleste est de peser sur le noyau qu'elle enveloppe.

Si l'on imagine une atmosphère très étendue, entourant un astre doué d'un mouvement de rotation et attiré par un corps céleste supposé à une grande distance dans le plan de l'équateur, on reconnaît qu'il existe une *surface limite* en dehors de laquelle une molécule ne pèse plus vers le noyau. L'atmosphère d'un tel astre ne saurait donc s'étendre indéfiniment.

Le calcul montre qu'elle se disposera en couches d'égale densité, séparées par des *surfaces de niveau* de formes diverses. Les plus voisines du noyau central supposé sphérique tendent elles-mêmes à devenir sphériques. Mais, à mesure que l'on s'éloigne du centre, elles s'aplatissent vers les pôles et s'allongent de plus en plus dans la direction du corps troublant. Bientôt même on rencontre des surfaces qui n'entourent plus l'astre complètement, mais qui se développent en nappes infinies.

Appelons *surface libre* la plus grande des surfaces de niveau fermées. L'atmosphère peut très bien ne pas s'étendre jusqu'à cette limite, et se terminer à une couche de niveau plus rapprochée du centre; mais comme elle n'est maintenue que par sa pesanteur, elle ne saurait exister au delà de cette surface libre.

Si donc, par une cause quelconque, le fluide vient à dépasser cette limite, il se dissipera entièrement dans l'espace. Mais sous quelle forme et par quelle voie?

La *surface libre* jouit d'une propriété remarquable : les sommets de son grand axe sont des points singuliers où l'on peut mener une infinité de plans tangents dont l'enveloppe est un cône du second degré. C'est à ces deux extrémités que l'atmosphère s'ouvre pour ainsi dire et livre passage au fluide en excès.

L'application de ces principes aux queues des comètes se présente d'elle-même. Supposons une comète se mouvant en ligne droite vers le soleil. A chaque instant *la forme* de son atmosphère répond à la description que nous venons de faire, mais *ses dimensions* diminuent dans le même rapport que la distance des deux astres. C'est-à-dire que la surface limite se contracte, en serrant de plus en plus près le noyau. Mais à chaque instant la surface libre s'ouvre aux deux pôles, et le fluide en excès s'écoule, dans le sens du rayon vecteur du noyau, vers le soleil et en sens contraire.

Sans doute, ces conséquences de la théorie s'harmonisent bien avec certains faits d'observation. On a reconnu dans quelques comètes l'existence de deux queues opposées; et l'on a cru constater parfois une contraction à mesure qu'elles s'approchaient du soleil. « Il ne paraît pas cependant, dit M. Roche, que le rapprochement du soleil puisse produire

à lui seul ces phénomènes. C'est dans la chaleur solaire qu'il faut en chercher la cause. »

En effet, un échauffement de l'atmosphère produirait des effets semblables à ceux que nous venons de décrire. Une dilatation du fluide atmosphérique, ou une émission de matière gazeuse aux dépens du noyau, doit avoir pour résultat de porter en dehors de la surface limite une portion du fluide ; celle-ci ira affluer vers les deux pôles et s'échappera ainsi de l'atmosphère.

De plus, l'action calorifique des rayons solaires se continue encore après le passage de la comète au périhélie, ce qui permet d'expliquer la formation de la queue dans cette portion de l'orbite. Enfin, la partie antérieure de la comète étant seule échauffée directement, on conçoit qu'il ne doive pas y avoir symétrie par rapport au centre de la comète. Si l'on admet que l'atmosphère éprouve une expansion plus grande dans le sens du soleil que dans le sens contraire, il en résultera, autour de la comète, une couche excentrique. La forme des surfaces de niveau dans cette couche montre qu'une partie de ses molécules s'échappera, en diverses directions, par les différents points de la moitié de la surface qui regarde le soleil, tandis que l'autre partie s'écoulera par le pôle opposé, sous forme de queue.

Cette explication est très ingénieuse ; mais elle semble s'appliquer surtout aux phénomènes qui se passent dans l'enveloppe immédiate du noyau. Elle est donc incomplète ; elle laisse sans explication une foule d'observations sur la figure des comètes, l'accélération de leur mouvement, la longueur des queues.

Pour la compléter, on lui a joint d'abord l'hypothèse de la résistance d'un milieu interplanétaire. Cette idée n'était pas neuve. Newton disait déjà que « la matière céleste forme une atmosphère immobile autour du soleil. » Mais Laplace a montré, ce que M. Roche a confirmé, qu'il existe des limites nécessaires à l'atmosphère du soleil. Pour qu'un milieu résistant existe au delà de ces limites, il faut qu'il circule autour du soleil suivant les lois de Képler. Or M. Faye a fait voir que l'existence d'un tel milieu n'expliquait pas les faits observés.

C'est alors que M. Faye s'est prononcé pour l'hypothèse d'une force répulsive réelle, due à la chaleur solaire, n'ayant d'effet sensible que sur la matière réduite à un état d'extrême raréfaction, et agissant en raison inverse du carré de la distance et proportionnellement aux surfaces.

Ce n'est là qu'une hypothèse ; l'expérience seule peut nous apprendre si une telle force physique accompagne réellement les rayons solaires. Toutefois elle a subi victorieusement l'épreuve du calcul. M. Roche a introduit cette nouvelle force dans ses formules et elles lui ont donné, pour les comètes, des figures théoriques se rapprochant fort des formes observées.

La *théorie actinique* de M. Tyndall n'a point fait abandonner l'hypothèse d'une force répulsive. Se fondant sur des expériences très ingénieuses, ce savant considère les comètes comme formées de vapeurs décomposables sous l'action des rayons solaires. La queue ne serait pas une matière projetée, mais une matière précipitée sur le passage des rayons solaires qui traversent l'atmosphère de l'astre.

De fait, la plupart des astronomes contemporains, le grand nombre de ceux pour qui les queues des comètes sont *matérielles*, admettent l'existence d'une force répulsive.

Parmi les travaux récents sur ce sujet, un des plus intéressants est le mémoire de M. Th. Bredichin, directeur de l'observatoire de Moscou (1).

Ce mémoire résume et complète les publications antérieures de l'auteur sur les queues des comètes. M. Bredichin admet la force répulsive du soleil, mais il ne se prononce pas sur la nature de cette force. Il groupe les comètes en trois types, suivant la manifestation plus ou moins énergique de cette répulsion. Ainsi, par exemple, les queues du second type sont composées de plusieurs conoïdes qui divergent dans le plan de l'orbite en forme d'éventail. Ces cônes empiètent les uns sur les autres, et la bande obscure du milieu n'apparaît que près de la tête. Ces queues semblent appartenir aux comètes de composition chimique complexe. Les queues du troisième type sont élargies et estompées ; elles accompagnent vraisemblablement les comètes de composition chimique plus simple. La vitesse initiale de l'émission de la matière du noyau vers le soleil, (appelons-la g pour abréger), paraît être proportionnelle, dans chacun des types, à la racine carrée de la force répulsive ; on déduit sa valeur des observations des queues entièrement développées. Au moment de l'apparition de la queue, g est très faible ; les

(1) *Sur les queues des comètes.* — On trouvera ce mémoire en français dans *Urania*, n° 6, juin 1881, pp. 91-116, avec planches. — Cette revue astronomique est toute récente ; elle est publiée à Dublin par Raph Copeland, Ph. D. et J. L. E. Dreyer, M. A. Les six premiers numéros (janvier-juin 1880) ont pour titre : *Urania, an international journal of Astronomy;* dans les numéros suivants le mot *Urania* a été remplacé par *Copernicus.* Les éditeurs ont fait ce changement pour éviter une méprise ; il existe, en effet, une publication *astrologique* dont le titre est *Urania.* Chaque livraison de *Copernicus* contient de 16 à 24 pages, grand format. Elles ont paru jusqu'ici tous les mois, mais les éditeurs ne s'engagent à publier que « toutes les fois qu'ils auront assez de matières pour former un numéro. » L'abonnement comprend douze livraisons, formant un volume de 240 pages. Le plus grand nombre des articles, publiés jusqu'ici, sont écrits en anglais; toutefois, la rédaction admet aussi les mémoires écrits en français, en allemand et en italien. *Copernicus* n'est pas une revue de vulgarisation. On y trouve des travaux originaux et sérieux qui donnent à cette publication une valeur très réelle.

effluves du noyau forment, en se recourbant, à l'opposite du soleil, les parois d'un creux peu prononcé. L'atmosphère *ordinaire* de la comète enveloppe encore le noyau et la queue naissante, et donne à l'astre la forme d'une *bulbe*.

En approchant du soleil, *g* croît rapidement. La matière émise par le noyau devient plus abondante ; en se recourbant, elle entoure la tête de l'astre d'une figure en fer à cheval, dont les bouts prolongés forment les parois du conoïde de la queue. La bande obscure est alors plus perceptible. L'atmosphère ordinaire de la comète peut avoir des dimensions telles qu'elle embrasse entièrement ce fer à cheval; elle peut rester visible même après le développement complet de la queue ; mais il peut se faire aussi que les enveloppes formées par les émissions abondantes du noyau l'éclipsent par leur lumière plus intense, ou poussent ses particules hors de la surface limite de niveau des couches atmosphériques. Il est probable que *g* se développe presque subitement, au moment où, à une certaine distance du soleil, l'action de ce dernier commence à vaincre la force coercitive des matières du noyau.

M. Bredichin rapproche des faits observés ces conséquences de l'hypothèse d'une force répulsive, et il montre qu'elles se trouvent vérifiées dans les moindres détails ; donc les choses se passent comme si le soleil était doué à la fois de deux actions, l'une attractive, l'autre répulsive.

Pour confirmer cette conjecture, M. Bredichin calcule et construit les queues d'une comète imaginaire dont il se donne la distance périhélie; il suppose successivement, en donnant des valeurs différentes à l'intensité de la force répulsive, que cette comète appartienne à l'un des trois types mentionnés plus haut. Les dessins qui représentent les différentes phases de cette comète imaginaire sont parfaitement comparables aux dessins fournis par les observations des comètes réelles. « J'ose croire, dit M. Bredichin en terminant son mémoire, que chacun qui lira attentivement mes recherches sur les queues des comètes avec leurs derniers résultats, sera persuadé que la position d'une queue, sa forme, sa courbure, et sa structure, s'expliquent par la force répulsive du soleil et par l'effluve de matière cométaire du noyau vers le soleil avec une certaine vitesse initiale... »

Cependant, le 27 juin dernier, dans une note présentée à l'Académie des sciences de Paris, M. Flammarion émettait une tout autre opinion.

On sait que l'observation a souvent constaté la transparence presque parfaite des queues des comètes. Celle de la grande comète de cette année, entre autres, ne voilait pas l'éclat des étoiles sur lesquelles elle se projetait ; nos lecteurs auront pu le constater, et les photographies de M. Janssen en font foi : on y voit les étoiles à travers la queue.

« La parfaite transparence de ces traînées de lumière, dit M. Flammarion, ne nous conduit-elle pas à penser qu'elles ne sont pas *matérielles*,

qu'elles ne sont pas des gaz refoulés dans l'atmosphère par une force solaire répulsive, mais que c'est une excitation électrique ou autre de l'éther, produite par l'astre mystérieux à l'opposé du soleil, nous pourrions presque dire dans la trace de son ombre ? L'observation constante montre que les noyaux ne paraissent rien perdre de leur volume par la substance que la force répulsive leur emprunterait pour composer les queues. »

Pour étayer cette conjecture, M. Flammarion nous montre la comète de 1843 passant à 13 000 lieues seulement du soleil. La vitesse du noyau était alors de 55 000 mètres par seconde ; la queue qui l'accompagnait s'est étendue jusqu'à 50, 60 et même 80 millions de lieues. Supposons-lui seulement 37 millions de lieues, la distance du soleil à la terre ; au moment du passage au périhélie, l'extrémité de cette queue, *supposée rectiligne et rigide*, aurait traversé l'espace avec une vitesse de 64 millions de mètres par seconde. « Ce fait, poursuit M. Flammarion, qui s'est présenté deux fois en 37 ans (1), joint à la transparence parfaite de ces traînées lumineuses et à l'aspect spécial que chacun peut constater en ce moment sur notre visiteuse, ne conduit-il pas à la conséquence que *les queues des comètes ne peuvent pas être matérielles?* Est-ce une illumination électrique de l'éther ? Est-ce un mouvement ondulatoire excité par la comète elle-même à l'opposé du soleil ? Nous ne connaissons pas encore toutes les forces de la nature. »

Cette nouvelle hypothèse a été relevée et combattue par M. Faye, dans la séance de l'Académie du 11 juillet dernier.

« L'argument sur lequel l'auteur se fonde, dit M. Faye, revient à supposer que la comète emporte sa queue comme un plumet faisant corps avec elle.... C'est méconnaître une des plus grandes questions scientifiques de notre époque. Il n'y a pas d'astronome qui croie que la queue d'une comète soit un tout rigide lié au noyau... Il y a deux siècles que Newton a expliqué ces choses-là, en montrant que chaque tranche de la queue, prise à un instant donné, a été abandonnée par la tête à une époque antérieure, d'autant plus éloignée que cette tranche est elle-même plus distante du noyau. Chacune de ces tranches a suivi dans l'espace une orbite absolument différente de celle de la tête de la comète, et la queue n'est, dans son ensemble, que l'enveloppe des positions occupées,

(1) En supposant, ce qui paraît probable, que la grande comète de l'hémisphère sud, (*a*) 1880, est la même que celle de 1843. Cette identification signalée par M. Copeland (*Astr. Nachr.* 2304) et M. Gould (Ibid. 2307), a provoqué des recherches intéressantes. Nous signalerons, entre autres : *Astron. Nachr.* 2308, Weiss ; 2316, Meyer ; et 2319 ; *The Observatory*, vol. III, p. 590, Kirkwood ; et la brochure *Ueber die Kometen Erscheinungen von* 371 *v. Chr.*, 1668, 1842 *I*, *und* 1880 *I*, Klinkerfues.

à un instant donné, par la série des bouffées de matière cométaire successivement émises et chassées les jours précédents, sans qu'il subsiste entre elles d'autre liaison que la commune vitesse de translation qu'elles possédaient à leur point de départ. Le calcul s'applique parfaitement à ces phénomènes singuliers, mais non mystérieux. Bessel en a donné la formule laquelle permet de déterminer, par la courbure de la queue, l'intensité de la force répulsive qui l'a produite (1). M. Bredichin, directeur de l'observatoire de Moscou, en a tiré, dans ces derniers temps, des résultats du plus haut intérêt. »

Revenant ensuite à la force répulsive, « dont on peut discuter l'essence et la nature physique, » M. Faye résume ainsi « ses caractères mécaniques ».

« 1° Cette force répulsive n'est pas proportionnelle aux masses, comme l'attraction, mais aux surfaces. Elle produit donc des effets d'autant plus marqués que les matériaux qui la subissent sont moins denses.

» 2° Cette force ne s'exerce pas à travers toute matière, comme l'attraction ; elle est, au contraire, affaiblie ou même arrêtée par l'interposition du moindre écran.

» 3° Elle ne se propage pas instantanément, comme l'attraction, mais successivement, comme la lumière et la chaleur. Il en résulte que son action sur un point en mouvement ne s'exerce pas dans la même direction que l'attraction, bien que ces deux forces émanent du même globe.

» 4° Enfin, cette force varie en raison même du carré de la distance, comme l'intensité de la lumière et de la chaleur. C'est là le seul point de ressemblance des deux forces que le soleil exerce à la fois sur tous les corps : l'une liée à sa masse et par conséquent invariable, l'autre liée à son état physique et par conséquent transitoire. »

Le spectre des comètes. — Les comètes possèdent-elles une lumière propre, ou leur éclat est-il uniquement emprunté à la lumière solaire? Quelle est la constitution physique et la composition chimique de ces astres ? Ces questions sont loin d'être entièrement résolues; mais les procédés de l'analyse spectrale appliqués à l'étude de la lumière des

(1) Voici cette formule $\varepsilon = \frac{g^2 r^2}{2(1-\mu)}$, dans laquelle ε représente la distance entre le noyau et le sommet de la queue, g la vitesse initiale de l'émission de la matière vers le soleil, r le rayon vecteur du noyau, $1-\mu$ l'intensité de la force répulsive du soleil. *Annales* de l'observat. de Moscou, III, 1, pp. 43-44. — Les travaux de M. Bredichin auxquels M. Faye fait allusion, se trouvent dans ces mêmes *Annales*, III, livr. 1 et 2; IV, 1 V, 1 et 2; VI, 1; VII, 1 et 2.

comètes ont fourni des indications précieuses et intéressantes que nous allons rappeler, en nous arrêtant spécialement à la grande comète de 1881.

La première comète examinée au spectroscope fut celle de Donati, en 1858. Le spectre fut trouvé discontinu, mais on ne put déterminer exactement la position des lignes brillantes, les principes de l'analyse spectrale n'étant pas, à cette époque, suffisamment bien établis (1).

En 1866, Secchi et M. Huggins étudièrent la comète télescopique de Tempel. Ils lui trouvèrent un spectre continu très faible, dans lequel M. Huggins signala une bande brillante, et Secchi trois. On était donc fondé à croire que l'éclat de cette comète était dû en partie à la lumière solaire, donnant naissance au spectre continu, et en partie à une lumière propre produisant le spectre à bandes brillantes.

Deux comètes très faibles, observées par M. Huggins en 1866 et 1867, conduisirent à la même conclusion.

L'année suivante, en 1868, deux autres comètes, celle de Brorsen et celle de Winnecke, fournirent encore les mêmes résultats; leur spectre se composait de trois bandes brillantes, se projetant sur un spectre continu.

Mais cette fois on alla plus loin. Le spectre de la comète de Winnecke fut étudié au point de vue de la composition chimique de l'astre; et M. Huggins, en Angleterre, Secchi en Italie, et M. Wolf en France, crurent pouvoir assimiler ce spectre à celui du carbone ou d'un de ses composés hydrogénés.

La grande comète de 1874 montra aussi trois bandes brillantes, traversées par le spectre continu du noyau. On ne put distinguer, dans ce dernier, aucune des raies noires de Fraunhofer. De plus, l'éclat du spectre et des bandes variait considérablement selon que la fente du spectroscope était dirigée sur les bords du noyau ou sur l'extrémité de la queue. Cet ensemble de faits autorisait donc à conclure que le noyau de la comète de 1874 était solide, liquide ou formé de gaz fortement condensés et incandescents; que l'atmosphère de la comète et sa chevelure étaient gazeuses, peu denses et à basse température; enfin que la queue était formée de matières opaques, puisqu'elle réfléchissait la lumière solaire.

En 1880, la comète *d*, découverte le 29 septembre à Strasbourg par le Dr Hartwig, montra aussi à M. Christie, à Greenwich (2), au Dr Young, à Princeton (3), et à d'autres observateurs (4), les trois

(1) *Ciel et Terre*, deux. ann. n° 12, p. 250, *Le spectre des comètes*, par C. Fievez. Nous empruntons également à cet article quelques-uns des détails qui suivent immédiatement.

(2) *Monthly Notices*, vol. XLI, n° 1. nov. 1880, p. 52.

(3) *The Observatory*, decemb., p. 645.

(4) *Astr. Nachr.* 2345, 2348, 2350,.. — *Urania*, n° 1, janv. 1881.

bandes ordinaires et le spectre continu du noyau. La comète *f* de la même année fournit des résultats analogues (1).

Nous ne pousserons pas plus loin cette nomenclature. On trouvera dans les *Mémoires de l'Académie impériale des sciences* de Saint-Pétersbourg, VIIe série, t. XXVIII, n° 2, la collection des principales observations des spectres des comètes publiées jusqu'à ces derniers temps, discutées et commentées. Nous résumerons ici les conclusions de cette savante étude.

Tous les spectres des comètes appartiennent à un même type.

Ce type est celui des composés hydrogénés du carbone.

Comparés à leur type, les spectres des comètes en diffèrent en deux points : ils sont incomplets; et, en général, l'éclat relatif de leurs bandes brillantes n'est pas celui que l'on observe dans le spectre des hydrocarbures.

Ils sont incomplets, parce qu'ils ne manifestent pas les bandes rouge et violette des hydrocarbures (2), et aussi parce que le maximum d'éclat de leurs bandes brillantes n'est pas toujours sur le bord le moins réfrangible, mais un peu du côté du violet.

Ce dernier fait expliquerait peut-être, pourquoi, dans les comètes faibles, la coïncidence des bandes brillantes de leur spectre avec celles du spectre des hydrocarbures paraît parfois douteuse. Enfin, les changements de position du maximum d'éclat des bandes lumineuses, et d'autres particularités des spectres des comètes, se retrouvent à peu près les mêmes dans les spectres du carbone et des hydrocarbures, étudiés dans différentes conditions. Il paraît donc probable que les conditions physiques dans lesquelles se trouvent les hydrocarbures, au sein des atmosphères cométaires, sont comparables à celles où on les place dans les laboratoires, en étudiant leur spectre.

Les observations spectrales de la grande comète de cette année paraissent confirmer toutes ces conclusions.

A Paris, M. Wolf et M. Thollou ont constaté l'existence d'un spectre continu, très pâle, fourni par toutes les parties de la comète. Sur celui-ci se détache un ruban lumineux très mince et très vif, formé par la lumière dispersée du noyau; il est coupé transversalement par trois bandes lumineuses, une jaune, une verte et une bleue. Ce sont bien toujours les mêmes bandes, caractéristiques du spectre des comètes. La verte est la plus brillante et la plus longue ; nettement tranchée sur le bord le moins réfrangible, elle s'affaiblit peu à peu du côté opposé. La bande jaune est plus pâle, la bande bleue plus pâle encore ; toutes deux sont moins longues et plus diffuses que la première.

(1) *The Observatory*, n. 46; *Urania*, n. 2, p. 41.

(2) Notons qu'en 1874, Secchi vit ces deux bandes dans le spectre de la comète III.

A Princeton, le Dr Young (1) a observé également le spectre continu du noyau, traversé par les trois bandes du spectre de la chevelure. Dans la bande verte, nettement marquée et beaucoup moins diffuse que les deux autres, le Dr Young et deux de ses aides ont distingué trois raies noires très fines, correspondant aux trois raies noires de la bande verte du spectre du carbone. La comparaison des deux spectres a donné lieu à une observation intéressante : « La portion visible du spectre (de la comète), dit M. Young, a permis aux observateurs de Princeton et, nous le présumons, aux autres aussi, d'établir ce fait que, dans la comète actuelle du moins, le spectre correspond à ce que l'on peut appeler le *premier* spectre du carbone, donné par la flamme d'un brûleur Bunsen, et non au *second*, fourni par un tube de Geissler, contenant de l'acide carbonique ou des vapeurs de quelque hydrocarbure. »

En Angleterre, le Dr W. Huggins (2) a trouvé, outre un spectre continu où les raies noires de Fraunhofer étaient visibles, deux raies brillantes, coïncidant avec celles du carbone. De plus, il a réussi à photographier le spectre ; c'est, croyons-nous, la première photographie de ce genre obtenue jusqu'ici. Deux raies brillantes se sont révélées dans la partie ultraviolette ; leur examen a confirmé les conclusions dictées par l'étude de la partie visible du spectre. Tout concourt donc à établir que l'éclat de la comète est dû en partie à de la lumière solaire réfléchie, et en partie à de la lumière propre, le spectre discontinu de celle-ci accusant la présence du carbone ou d'un hydrocarbure. En outre, les raies brillantes de la partie ultraviolette du spectre semblent devoir nous révéler un détail de plus sur la composition chimique des comètes.

En effet, d'après un travail de MM. Liveing et Dewar (3), ces deux bandes brillantes ne se manifestent pas en l'absence de l'azote ; elles nous apprendraient donc la présence du cyanogène ou de ses éléments, dans les comètes, puisque nous savons déjà, par la partie visible du spectre, que l'hydrogène et le carbone s'y trouvent.

M. H. Draper en Amérique, comme M. Janssen en France, a aussi appliqué les procédés de la photographie à l'étude physique de la comète (4). Une première épreuve, obtenue en 17 minutes, a donné une image du noyau et d'une partie des couches atmosphériques. Sur une seconde épreuve, obtenue après une pose de 162 minutes, la queue apparaît à son tour, sur une longueur de 10° environ. L'interposition d'un seul prisme entre l'objectif et la plaque sensible donna une

(1) *The Observatory*, n. 53, sept. 1, p. 256.

(2) *The Observ.*, n. 51. July 1, p. 214. — *The astron. Register*, n. 223, july 1881, p. 162; n. 224, p. 201.

(3) *Proc. Roy. Soc.* vol. XXX, p. 404. On the spectra of the compounds of Carbon. — Ibid., vol. XXX, p. 461.

(4) *The Observatory*, n. 53, septemb. 1, p. 252.

image du spectre, après une pose de 83 minutes ; mais le spectre discontinu de la chevelure était noyé dans le spectre continu du noyau. Le spectroscope à deux prismes donna de meilleurs résultats. Trois photographies ont été obtenues après des poses de 180, 196 et 228 minutes. Un premier examen permet de croire qu'elles confirmeront l'hypothèse de la présence du carbone dans les comètes; toutefois « il n'est pas improbable, dit M. H. Draper, qu'une partie du spectre ne soit due à d'autres éléments. »

A Greenwich, outre les trois bandes brillantes aperçues dans les autres observatoires, M. Christie en a vu une quatrième, violette. Il a constaté que les trois premières coïncidaient avec les bandes similaires du spectre du gaz d'éclairage.

A Bruxelles, M. Fievez a observé également ces quatre bandes. « Elles étaient nettement terminées vers l'extrémité rouge du spectre, dit-il, et dégradées vers le violet : la bande verte présentait cette structure d'une manière remarquable, la bande bleue venait ensuite par ordre d'intensité, puis la bande violette et enfin la bande jaune dont la structure dégradée était beaucoup moins marquée.

» L'aspect primitif de ces bandes s'est quelque peu modifié à mesure que la comète s'éloignait du soleil, et leur extrémité la moins réfrangible s'est de plus en plus accusée.

» Le noyau a présenté les premiers jours un spectre continu très brillant, où les bandes spectrales n'étaient pas visibles; mais ce spectre s'est affaibli de plus en plus de telle manière que les bandes le traversaient entièrement.

» Quelque brillant qu'ait été le spectre du noyau, on n'a pu néanmoins y reconnaître la présence des raies de Fraunhofer (1). »

L'analyse polariscopique peut aussi nous dire si la lumière d'un astre est en tout ou en partie de la lumière réfléchie ou de la lumière propre. Arago, le premier, appliqua le polariscope à l'étude de la lumière des comètes de 1819 et de 1839. Il constata qu'une portion des rayons lumineux étaient réfléchis et provenaient du soleil. La comète de Donati a fourni des résultats semblables à Chacornac à Paris, à Ronzon et Govi en Italie, à Poey à la Havane et à Liais au Brésil. En 1874, la comète de Coggia a donné aussi des traces de polarisation, tant dans le noyau que dans la queue. Enfin, l'analyse polariscopique a été employée par plusieurs observateurs de la grande comète de cette année.

« A Bruxelles on a vu que la polarisation du noyau était très nette et bien accentuée, et celle de la chevelure très faible. Le plan de polarisation passait par le soleil et la polarisation de la région du ciel près de la comète était à peine sensible. »

(1) *Ciel et Terre*, art. cité, p. 253.

A Paris, M. Wolf a fait la même observation, pour le noyau et la nébulosité qui l'enveloppe.

En Amérique, M. Arthur W. Wright (1) a constaté également la polarisation, dans un plan passant par le soleil, de la lumière du noyau, de la chevelure et d'une partie de la queue. Cette polarisation était plus ou moins bien accentuée dans les différentes observations ; dans quelques-unes même, la lumière émise par les parties voisines de l'extrémité de la queue a paru plus franchement polarisée que celle des régions plus rapprochées du noyau. Peut-être n'y a-t-il là qu'une illusion ; cependant, « il n'est pas improbable, dit M. Wright, que la constitution et l'état physique de la matière qui compose la queue ne soit variable ; » en tous cas, « le fait de la polarisation montre qu'une grande partie, probablement la plus grande partie, de la lumière émise par la queue est de la lumière solaire réfléchie. »

En résumé donc, le noyau de la grande comète de 1881, sa chevelure et sa queue réfléchissaient la lumière du soleil et émettaient de la lumière propre ; le carbone ou quelqu'un de ses composés hydrogénés, voire même le cyanogène, paraît être un des éléments principaux de son atmosphère. Nous pouvons donc redire encore aujourd'hui ce que disait le P. Secchi : « Il est très remarquable que toutes les comètes observées jusqu'ici ont les bandes du carbone » Mais les comètes contiennent autre chose encore. « Lorsqu'une pluie d'étoiles filantes, dit M. Wolf, amène dans notre atmosphère les corpuscules arrachés par l'attraction terrestre à une comète ou à l'essaim qui l'accompagne, ceux-ci sont portés à une température bien autrement élevée ; et dans le spectre de leurs lumières, les observations de M. Konkoly, d'Alex. Herschel et les miennes ont montré l'existence du sodium, du magnésium et du fer. Le noyau d'une comète est donc constitué des mêmes éléments principaux que tous les astres, éléments que l'analyse chimique a retrouvés dans les météorites tombées du ciel et associées souvent à des matières charbonneuses et hydrogénées (2). »

J. Thirion S. J.

(1) Ibid.
(2) *Associat. sc. de France,* Bulletin, 7 août 1881.

GÉOGRAPHIE.

—

Régions polaires. — Le *Willem Barents* est entré le 22 septembre au port de Hammerfest. Tout allait bien à bord. On a rencontré partout beaucoup de glace ; il y en avait en grande quantité au détroit de Jugor et la Matochkin était fermée. Dans l'impossibilité de pénétrer par ce détroit dans la mer de Kara, on a tenté de le faire par le nord de la Nouvelle-Zemble ; mais là encore les glaces ont barré le chemin aux navigateurs. Ils ont pourtant réussi à placer la pierre commémorative sur la plus septentrionale des îles d'Orange. Ensuite on s'est dirigé au nord, pour reconnaître la situation et voir si les glaçons n'y avaient pas laissé une mer ouverte en descendant vers le sud ; mais on n'a pu avancer que jusqu'à 78° Lat. N. et 68° Long. E. (Greenwich).

Cette expédition hardie a eu tout le succès que permettaient les circonstances, et elle augmentera considérablement nos données sur la situation des glaces dans les mers polaires, surtout pendant les années aussi défavorables que la présente.

La pêche à la baleine dans les mers polaires au nord du détroit de Behring, très active autrefois, avait beaucoup décliné dans les derniers temps. Elle a été extrêmement favorable l'année dernière. 19 navires, appartenant aux ports de New Bedford, San Francisco et Edgartown, y ont pris part : 15 barques, 2 brigs, 1 schooner et 1 vapeur. Ils n'ont pas pris moins de 263 baleines, qui ont donné 408 000 livres de fanons et 26 750 barriques d'huile ; ils ont, en outre, rapporté 15 550 livres de dents de morse. Ajoutons que deux navires sous pavillon russe, mais équipés pour compte de maisons américaines, ont travaillé dans la mer d'Okhotsk, et en ont rapporté 13 500 livres de fanons et 320 barriques d'huile.

Europe. — D'après le recensement général fait le 4 avril dernier, la population totale de l'Angleterre et du pays de Galles est de 25 968 286, en augmentation de 3 256 020 sur le chiffre constaté en 1871 ; la proportion de l'accroissement est plus considérable qu'elle ne l'avait été depuis la période 1831-1841. Le nombre des naissances dans la dernière période décennale a dépassé celui de la précédente de 26 774. La proportion des décès d'autre part a sensiblement diminué.

En ce qui concerne Londres, la métropole renferme maintenant 3 814 571 habitants, 560 311 de plus qu'en 1871. La population de la

Cité a, au contraire, diminué depuis la même époque. Elle n'est que de 50 526 âmes (25 085 hommes et 25 441 femmes). C'est le chiffre de ceux qui y passent la nuit. Pendant le jour, on y a trouvé 260 670 habitants (195 287 hommes, 44 095 femmes et 21 288 enfants.)

Les journaux danois nous apprennent que l'on vient de préparer à Copenhague les plans de la pose d'un câble destiné à relier l'Islande à l'Europe. Le câble d'Islande, que la Compagnie du Great Northern serait chargée d'immerger, passerait par les îles Feröer, archipel danois au nord de l'Écosse, et partirait du nord de l'Écosse près de Thurso, comté de Caithness. Les frais de ce nouveau câble sous-marin entre la grande île de la mer Glaciale arctique et la pointe nord de l'Écosse sont évalués à 2 millions et demi de livres sterling. Le bureau télégraphique central de l'île serait établi à la capitale, Reykiavik, que des lignes secondaires relieraient aux chefs-lieux des *amt* de l'île. Si cette ligne télégraphique s'exécute, ce sera la ligne la plus septentrionale non seulement de l'Europe, mais du monde entier.

La *Revue de l'Industrie* donne le tableau suivant de la production de la houille dans les années 1869 et 1880.

	1869		1880	
Grande-Bretagne	107 507 000	tonnes	147 000 000	tonnes
États-Unis	28 100 000	»	63 500 000	»
Allemagne	26 774 000	»	42 161 000	»
France	13 509 000	»	18 857 000	»
Belgique	12 943 000	»	14 000 000	»
Autriche	4 100 000	»	6 000 000	»
Russie	588 000	»	2 220 000	»
Espagne	550 000	»	750 000	»
Totaux	194 071 000		294 488 000	

Le bassin houiller le plus considérable de la Russie d'Europe est celui du Donêtz. Il s'étend sur 2 160 000 hectares, surface égale à celle de tous les bassins réunis de l'Angleterre, et dépassant le quadruple de l'ensemble de tous les bassins houillers de France. On voit par le tableau précédent que l'exploitation de ces richesses minérales est loin de correspondre à leur étendue, la production houillère de toute la Russie n'ayant été, en 1880, qu'environ $\frac{1}{70}$ de celle de la Grande-Bretagne.

Asie. — Le gouvernement du Japon vient de publier un rapport officiel fixant comme suit la répartition de la surface totale du pays :

Bâtiments et maisons, jardins etc.	1 645 359 37	cho (1)
Terres cultivées en riz	2 632 845 73	»
Autres cultures	1 913 369 82	»
Bois et forêts	16 802 580 47	»
Montagnes et terrains vagues	13 681 000 15	»
Routes	346 842 25	»
Lacs, marais, etc.	308 304 22	»
Rivières et canaux	1 233 216 91	»
Total	38 563 518 92	»

Il résulte de ce tableau que moins d'un huitième du pays est utilisé par la culture. Bien que le Japon, par la constitution volcanique et montagneuse de son sol, soit destiné à conserver toujours une grande proportion de terrains incultes, il est hors de doute que les chiffres ci-dessus accusent une situation anormale. En effet, à quelque distance des grandes routes, des villes importantes et du littoral, on rencontre à chaque instant de belles collines et même des vallées sans aucune culture. La difficulté et, par suite, la cherté des transports intérieurs, qui se pratiquent encore par chevaux de trait, empêche la population de se porter vers le centre du pays. Les fermiers japonais divisent le terrain cultivé en quatre grandes catégories : terres sèches, terres humides, champs sur les collines et champs sur les terrains bas. Dans le nord les terrains humides et bas dominent, tandis que dans les autres parties du Japon et surtout dans le sud, les terrains secs et les champs élevés sont les plus fréquents. On a l'habitude de cultiver les plantes en rangées parallèles assez distantes pour permettre de nouvelles semailles avant que la plante précédente soit arrivée à maturité, de sorte que les champs sont cultivés durant toute l'année.

(*Recueil consulaire belge.*)

Afrique. — Les derniers événements du Transvaal ont suggéré à M. Augusto de Castilho, ancien gouverneur portugais de Lourenço Marquès, l'idée de réunir les documents diplomatiques les plus importants relatifs aux rapports entre le Transvaal et la Grande-Bretagne, depuis la convention de Sand River, du 18 janvier 1852, par laquelle l'indépendance de la République fut reconnue, jusqu'à la proclamation du 12 avril 1877 qui annexa le pays, et le manifeste du 15 décembre 1880 par

(1) Un *cho* = 10 044 mètres carrés.

lequel les Boers ont de nouveau déclaré leur indépendance. La Société de géographie de Lisbonne, à laquelle ce travail a été adressé le 24 février de cette année, vient de le publier en brochure sous le titre *A Questão do Transvaal*. Si petit que soit ce volume, il est extrêmement important pour l'histoire moderne de l'Afrique méridionale.

L'Afrique continue à réclamer des victimes. Deux des explorateurs de l'Association internationale africaine viennent encore de succomber : le capitaine Popelin, désigné pour fonder une station à l'ouest du Tanganyika, et un membre de la Société scientifique de Bruxelles, l'ingénieur Paul Nève, qui aidait Stanley à frayer un chemin vers la partie navigable du haut Congo. Tous deux sont tombés victimes du climat meurtrier.

Les missionnaires d'Alger, fixés dans l'Ouroundi au nord-est du Tanganyika, ont envoyé quelques-uns des leurs au delà du lac, dans le Massanzé, dont les habitants les avaient sollicités à deux reprises de venir s'établir au milieu d'eux. A leur débarquement au pied du village de Moulonewa, un des principaux officiers du sultan vint leur offrir l'hospitalité dans sa maison et, craignant que les vagues ne brisassent leur bateau, il le hissa sur le bord avec l'aide de plus de cent hommes du village et le mit en lieu sûr. Hommes, femmes et enfants se chargèrent de leurs bagages, et les portèrent à la maison disposée pour eux. Le sultan réunit son conseil au lieu de l'assemblée ; l'officier qui avait reçu les missionnaires improvisa en leur honneur un chant, dans lequel il célébra les vertus pacifiques des blancs en opposition aux habitudes féroces des peuplades voisines, et toute la foule témoigna son contentement et sa reconnaissance en battant les mains. Ensuite, à la tête de tous les gens du village, le sultan accompagna les missionnaires, qui devaient choisir un terrain pour établir une station, et, ce choix fait, le sultan et ses deux lieutenants se mirent à en arracher le manioc en s'écriant : C'est le terrain des *Ouassoungou* (blancs), que personne n'y fasse plus de plantations!

Amérique. — L'agriculture occupe aux États-Unis plus de la moitié de la population, et aucune autre industrie américaine ne peut lui être comparée sous le triple rapport de l'étendue des opérations, de la rapidité du développement et de l'accroissement de la fortune publique. Elle nourrit dans l'abondance cinquante millions d'hommes aux États-Unis mêmes, et elle fournit au dehors des exportations que l'on peut évaluer au bas mot à 4 125 millions de francs. Des climats divers et des situations topographiques très différentes assurent d'ailleurs à l'agriculture américaine une grande variété de produits. Le riz prospère à merveille sur les bords marécageux des rivières de la Géorgie et des

Carolines, tandis que, dans la Louisiane et la vallée du Mississipi, sur une zone d'environ 320 kilomètres au-dessus de la Nouvelle-Orléans et de 100 au-dessous, la canne à sucre — bien que sa culture soit moins prospère qu'autrefois — ne laisse pas de couvrir une aire de plus de 60 000 hectares et de fournir annuellement 200 000 boucauts de sucre. représentant 0,13 de la consommation du pays, sans parler de près de 620 000 hectolitres de mélasse valant près de 75 000 000 francs.

Dans les États du sud, plus de cinq millions d'hectares sont consacrés au coton, dont le rendement annuel est évalué à un milliard de francs, et le tabac couvre au delà de 200 000 hectares, produisant bon an mal an une somme de 115 millions de francs.

Quant aux céréales proprement dites, elles embrassent une aire de près de cinquante millions d'hectares qui, en 1878, se répartissaient comme suit entre les diverses cultures :

Maïs	24 930 780	hectares
Froment	14 195 066	»
Avoine	7 460 244	»
Orge	822 186	»
Seigle	737 728	»
Blé noir	340 541	»

Cette étendue, équivalant à plus de seize fois celle de la Belgique, a produit cette même année près de 990 millions d'hectolitres, dont près de 170 millions pour le froment seul. La valeur annuelle de ces grains, augmentée de celle des pommes de terre et du foin, représente plus de six milliards et demi de francs. Et si, aux produits agricoles proprement dits, on ajoute le coton, le tabac et les fruits, on arrivera à la somme de huit milliards et demi.

— Il y a quelque temps, un vieux mineur nommé Redpath trouvait sur les collines de Dakota, à 10 milles environ de Deadwood, plusieurs quartiers de roche qu'il emporta, croyant que c'était du carbone. Il les fit essayer, et trouva qu'ils contenaient des milliers d'onces d'argent à la tonne. Il montra ensuite cette roche à d'autres mineurs du Colorado, qui reconnurent que c'était du minerai d'argent et cherchèrent à savoir d'où elle provenait. Le terrain sur lequel avait eu lieu la découverte n'avait jamais été exploré, aucune route n'y conduisait, et les premiers mineurs n'ont pu s'y transporter qu'à cheval ou à pied. Ils en sont revenus avec des spécimens de riche minerai, et en quarante-huit heures Deadwood, Central City et Lead City ont été presque entièrement dépeuplés.

Une ville a été fondée, le terrain y a été partagé par le sort entre

toutes les personnes présentes, des règles de gouvernement ont été établies, et la nouvelle localité a reçu le nom de West Virginia City. Au bout de deux jours, la ville contenait un millier d'habitants, et neuf « saloons » étaient en pleine opération. Le quatrième jour paraissait le premier numéro du journal quotidien *the Carbonate Reporter*. Cinquante maisons ont été bâties en trois semaines, et l'on payait les emplacements jusqu'à 500 dollars. La ville paraît définitivement fondée.

(*Journaux américains.*)

M. Charnay explore, comme on sait, les ruines des anciennes cités du Mexique pour compte d'un richissime Américain M. Lorillard, auquel se sont joints les gouvernements français et mexicain. Nous n'avons pas l'intention de parler ici des fouilles heureuses qu'il a exécutées au Yucatan et en d'autres lieux, et dont on a pu lire le compte rendu dans les journaux scientifiques, nous nous bornerons à attirer l'attention de nos lecteurs sur les découvertes que le voyageur a faites, pendant l'été de 1880, dans les ruines de l'ancienne capitale des Toltèques, découvertes dont un rapport officiel, signé Maunoir et de Quatrefages, constate toute l'importance (1).

Les faits constatés par ces découvertes ne tendent, en effet, à rien moins qu'à changer du tout au tout les idées que l'on s'était formées jusqu'ici de la civilisation précolombienne de l'Amérique centrale.

La petite ville actuelle de Tula se trouve à une vingtaine de lieues au nord de Mexico. Elle est bâtie au pied d'une colline d'environ quarante mètres de haut, qui est longée par une rivière et porte un plateau dont le front a 800 mètres de long. Ce plateau est couronné de petits tumulus et de pyramides entièrement ruinées, le tout recouvert d'une épaisse couche de végétation. Ces tumulus sont les ruines de l'ancienne Tula ou Tollan, comme l'appelle l'abbé Brasseur de Bourbourg, ville qui fut la capitale des Toltèques. Elle fut absolument ruinée et abandonnée vers l'an 1064, à la suite de l'invasion des Téo-Chichimèques et des guerres civiles qui désolèrent la contrée. Clavigero nous apprend que, cent vingt ans après, tous les monuments de Tula étaient en ruine, et quelques années plus tard la place était envahie par la puissante végétation de ces pays.

On peut conclure de ces faits que les objets trouvés dans les ruines de cette antique capitale remontent probablement à huit siècles au moins, et tout le monde approuvera M. Charnay d'avoir entrepris des fouilles dans un tel endroit.

Guidé par cet instinct que donne l'habitude des recherches, il commença par ouvrir un tumulus qui recouvrait une habitation complète :

(1) *Archives des Missions scientifiques*, tome VII. Paris 1881.

c'était une suite de bâtisses reliées entre elles par des corridors, des portiques et des escaliers. Il put constater que les architectes avaient employé les matériaux les plus divers, la pierre et la véritable brique cuite, le mortier et la terre mélangée de cailloux, le bois et le ciment ; mais, chose bien remarquable, pas une seule de ces briques séchées au soleil dont les Chichimèques et les Aztèques ont fait un si grand usage et qu'on emploie encore aujourd'hui. Ces résultats présentaient déjà le plus haut intérêt, ceux donnés par les fouilles opérées dans une seconde habitation — que M. Charnay qualifie de palais — en offrent bien davantage. En effet, il a retiré de ces ruines toltèques non seulement des pierres taillées, des briques cuites, des débris de vases de toute sorte, depuis le plus grossier jusqu'au plus délicat, mais il y a trouvé de véritables colonnes avec chapiteau ; il a recueilli des émaux, de la faïence, de la porcelaine, du verre, du cuivre et du fer ! Il exprime, en note, la pensée que ce dernier métal a pu être perdu par les Espagnols, mais il ne fait aucune réserve quant aux autres objets, bien qu'il doive savoir que, jusqu'à présent, on a généralement refusé aux anciens Américains la connaissance de la fabrication du verre et de la porcelaine.

Ce n'est pas tout. Personne n'ignore que, à l'arrivée des Européens, on ne connaissait en Amérique aucun de nos animaux domestiques, excepté le chien, et que tous les bœufs, chevaux et moutons qui s'y trouvent ont été importés. Eh bien, dans les deux habitations fouillées, ont été trouvés quantité d'ossements qui, tous ou presque tous, avaient été brisés pour en extraire la moelle. Ces ossements ont été soumis à l'examen de M. del Castillo, professeur à l'École des mines de Mexico, et ce savant y a reconnu des os de chevaux, de bœufs, de moutons et de lamas. Enfin ces ruines ont donné de petits chariots, que M. Charnay regarde comme des jouets d'enfants. Or, les jouets étant la reproduction en petit des instruments de l'homme fait, il est à croire que les Toltèques ont connu les voitures, dont l'usage n'existait plus à l'époque de Cortez.

Ces découvertes inattendues paraissent avoir été acceptées comme bien réelles par les hommes compétents qui ont vu les objets retirés des ruines de Tula. M. Orozco y Berra, regardé à Mexico comme le meilleur connaisseur des antiquités locales, sur lesquelles il a écrit un grand ouvrage, a suspendu la publication de cet ouvrage en présence des faits annoncés.

Australie. — Un rapport présenté par le lieutenant de Hogston R. N. du vaisseau de guerre *the Beagle*, au gouvernement du Queensland, contient sur la pêche des perles, dans le détroit de Torrès, des détails qui pourront intéresser nos lecteurs.

Pendant l'année 1880, on comptait 88 barques occupées à cette pêche. 70 étaient pourvues d'appareils de plongeurs, les 18 autres se servaient simplement de plongeurs ordinaires, tandis que neuf navires étaient employés à transporter le produit de la pêche. Toute la flottille était la propriété de 11 maisons de Sydney. Les barques sont fines, d'un port de 5 à 8 tonnes, et ont un tirant d'eau de 4 à 5 pieds. Les plongeurs sont en partie des Kanaks et en partie des Maoris ; il y a aussi quelques Malais. Le salaire est assez considérable, il s'élèverait pour quelques-uns à 10 livres sterling par mois ; ordinairement on leur abandonne les perles que contiennent les huîtres. Les barques munies d'appareils de plongeur travaillent durant toute l'année quand le temps le permet, tandis que les autres ne le font que pendant l'été, du mois de décembre au mois de mars.

Voici comment on procède. Les jours où le temps est beau et l'eau bonne, les barques vont chercher leur place et tâchent de s'y trouver au moment de la haute marée ; on jette l'ancre et aussitôt le travail commence. Les plongeurs descendent jusqu'au fond — ordinairement à 8 brasses, rarement à 10 — et y cherchent les huîtres, qui sont d'ordinaire simplement posées sur le sable, parfois enterrées, mais n'adhérant jamais au roc ou à la terre. Le soir et, en cas de mauvais temps, aussi le jour, on retourne à la côte, où les huîtres sont ouvertes et les perles enlevées ; la chair des mollusques est jetée à la mer, et les écailles provisoirement nettoyées et arrangées dans des hangars. Tous les quinze jours, les propriétaires viennent peser les écailles, leur font subir un nettoyage définitif et les expédient à Sydney, emballées dans des coffres. Ils règlent également les comptes de chaque barque. On assortit les écailles d'après leur grosseur et leur qualité, les plus précieuses sont celles des jeunes huîtres (les *chicks*) dont il faut environ 2000 pour une tonne. Les perles ont peu de valeur et ne valent ordinairement que 5 à 8 livres sterling la tonne. En 1878, la pêche rapporta 449 tonnes d'huîtres d'une valeur totale de 53 021 livres, et sur cette somme les perles n'entrèrent que pour 230 livres. On compte que chaque barque pêche en moyenne 7 tonnes d'huîtres par an ; 5 tonnes suffisent pour couvrir les frais. Le nombre de personnes employées à cette pêche s'élève à 720, y compris les inspecteurs blancs.

L. D.

HYGIÈNE.

—

Indications des bains de mer (1). — M. le Dr Simon a récemment consacré une leçon à cette étude. Avant d'en faire le résumé, rappelons brièvement l'action du bain froid, qui est en définitive celle du bain de mer, à part les effets plus stimulants que ce dernier doit au sel, à l'iode et aux autres substances qu'il renferme.

Le premier effet du bain froid est un effet de concentration. C'est le retrait du sang de la périphérie vers les parties profondes du corps. A la sensation d'un froid général vient s'ajouter celle d'une oppression plus ou moins vive.

Le second effet se manifeste bien vite : c'est la réaction, c'est la détente générale. La peau s'échauffe, la circulation s'accélère, la respiration est facile et large, le bien être, complet. Ce second effet a une durée variable, propre à chaque individu, et elle aboutit à un nouveau refroidissement, si le séjour dans l'eau se prolonge outre mesure. C'est ce qu'il importe d'éviter.

Après les premiers bains, on éprouve une sensation de lassitude, un mal de tête, une certaine agitation, qui sont les conséquences d'une suractivité dans la circulation du cerveau. Mais, ces phénomènes disparaissent bientôt, et sont remplacés par une stimulation bienfaisante qui s'étend à toutes les fonctions.

L'indication par excellence des bains de mer est la scrofule dans la plupart de ses manifestations. Les engorgements, les abcès des glandes, les abcès froids, diverses maladies des os, certaines affections articulaires, telles que les arthrites fongueuses, les tumeurs blanches, l'ozène et certaines formes de bronchite appartiennent à la scrofule, et se trouvent à merveille de l'usage des bains de mer, ou simplement du séjour dans une atmosphère maritime.

L'eau de mer ne doit pas être prise à l'intérieur. Elle ne tarderait pas à causer des troubles digestifs plus ou moins graves. Elle pourra toutefois être injectée avantageusement dans les narines, dans les cas d'ozène.

S'il s'agit d'une tumeur blanche, M. Simon a soin d'immobiliser l'articulation dans un appareil, quand l'affection siège au membre inférieur. L'immobilité assure en effet la guérison de cette maladie, et elle ne pourrait être obtenue d'une autre manière. S'agit-il du membre supérieur ? il le laisse libre ; le repos étant ici beaucoup plus facile à observer.

(1) *Progrès médical*, 10 septembre 1881.

Une autre indication des bains de mer, l'une des mieux justifiées, est le rachitisme. Avec l'immense majorité du corps médical, contrairement aux vues de M. Parrot, M. Simon ne fait point du rachitisme une affection syphilitique.

L'anémie, la chlorose, les convalescences avec l'atonie et les paralysies qui les accompagnent parfois sont avantageusement influencées par le traitement maritime.

Enfin l'enfance en général se trouve bien du séjour au bord de la mer, sauf dans les cas de contre-indications que nous allons passer en revue.

Contre-indications des bains de mer (1). — On est généralement moins familiarisé avec les contre-indications des bains de mer qu'avec leurs indications. Elles ont cependant une importance qu'il ne faut jamais négliger si l'on veut éviter de graves mécomptes.

Il faut d'abord tenir le plus grand compte de l'âge. Au-dessus de 50 à 55 ans, il faut renoncer aux bains de mer ; car ils pourraient favoriser des tendances congestives et déterminer l'apoplexie. Au-dessous de deux ans, la réaction pourrait manquer et, quand à cet âge il y a des indications expresses à remplir, c'est aux ablutions à l'eau attiédie qu'il faut s'en tenir.

Les affections nerveuses : l'hystérie, l'épilepsie, la chorée se trouvent mal, non seulement de l'usage des bains froids, mais d'un simple séjour aux bords de la mer.

De même un état nerveux, la pléthore, les maladies du cerveau ou de la moelle épinière s'aggraveraient sous la même influence.

Le rhumatisme aigu ou chronique, les affections cardiaques ne supportent pas non plus les bains de mer ni l'atmosphère maritime. Il en est de même des maladies des reins.

Toutes les affections de la peau y compris le lupus, les affections des yeux, celles du conduit auditif pourvu qu'elles n'intéressent pas le squelette, les bronchites, sauf celles auxquelles nous avons reconnu un caractère de scrofule, l'asthme et l'emphysème ne doivent point se traiter aux bords de la mer.

Ce traitement serait nuisible aussi aux maladies cancéreuses et tuberculeuses, à la dysménorrhée, et certainement à toutes les affections fébriles.

Comme nous le disions tantôt, et comme on peut en juger par la longue énumération que nous venons de faire, la question des contre-indications des bains de mer est des plus importantes. Il faut le reconnaître :

(1) *Progrès médical*, 3 septembre 1881.

ce sont souvent les caprices de la vogue et de la mode, bien plus que les conseils du médecin, qui nous portent vers les plages maritimes. Aussi n'est-il pas rare que l'on en revienne avec l'aggravation d'un mal que l'on y avait voulu guérir.

Expériences nouvelles à propos de la rage (1).— Dans un récent travail, M. Duboué, médecin de Pau, émettait une théorie nouvelle à propos du développement de la rage. Rejetant la théorie sanguine, d'après laquelle le virus rabique, absorbé par les vaisseaux, serait transporté par le sang, il admettait que ce virus ne s'absorbe pas, mais se propage insensiblement le long des fibres nerveuses au contact desquelles il a été déposé. Le poison, suivant le trajet des fibres sensitives, arriverait ainsi à l'intérieur du crâne, jusqu'à la moelle allongée, d'où il gagnerait les nerfs moteurs. La propagation se ferait lentement dans la direction centripète; rapidement au contraire dans la voie centrifuge. Les accidents se déclareraient au moment où le virus arrive à la moelle allongée. Il serait donc naturel d'admettre que la période d'incubation est d'autant plus courte que la morsure ou la lésion est plus rapprochée du centre.

Telles étaient les idées émises dans le travail de M. Duboué, et qui n'avaient d'autre valeur que celles de considérations purement théoriques. Mais elles viennent d'emprunter aux expériences de M. Pasteur la sanction la plus autorisée. Jusqu'ici les idées les plus contradictoires régnaient quant au siège du virus rabique. La bave de l'animal enragé en était considéré comme le principal, sinon l'unique véhicule. M. Pasteur a démontré que, en inoculant la substance de la moelle allongée, on produisait aussi sûrement la rage et avec une même période d'incubation que si l'on inoculait la salive. Il a même trouvé que l'inoculation de la substance cérébrale donnait les mêmes résultats.

Poursuivant ses recherches, M. Pasteur obtint d'autres résultats d'une importance pratique des plus considérables. Ainsi il parvint à abréger la durée de l'incubation de la maladie, et surtout à l'inoculer à coup sûr. Avant lui, l'incertitude des résultats paralysait naturellement toutes les recherches. La défiance la plus légitime mettait l'expérimentateur en garde contre un animal chez lequel pouvaient éclore d'un moment à l'autre les symptômes de la rage. C'est en inoculant la substance cérébrale d'un animal enragé à la surface du cerveau d'un animal sain que M. Pasteur en vint à ces résultats. Dans ces conditions, l'incubation dure une semaine ou deux au plus, et la mort arrive dans la troisième semaine.

(1) *Progrès médical*, 17 septembre 1881.

Les expériences de M Pasteur conduisirent M. Galtier de Lyon à faire des essais de vaccination rabique. Ce mot n'a plus rien de téméraire aujourd'hui. La variole fut longtemps le seul fléau qui eût son vaccin, c'est-à-dire son préservatif ; mais ne vaccine-t-on pas à présent et avec succès contre la maladie charbonneuse et contre le choléra des poules ? Certes, ces résultats ne peuvent nous laisser sans espoir dans les recherches que nous faisons pour nous préserver contre les autres affections virulentes et contagieuses. En tout cas, M. Galtier a pu injecter du virus rabique dans la veine jugulaire d'un animal, qui non seulement résistait à l'épreuve, mais ne succombait pas non plus si on lui inoculait ensuite le même poison par d'autres procédés. De nouvelles expériences sont nécessaires pour nous former une opinion et surtout une conviction.

Disons encore à propos des expériences de M. Galtier que le virus rabique, ingéré dans les voies digestives, peut d'après lui communiquer la rage. Mais ne peut-on point lui opposer l'exemple de ce téméraire, vivant encore aujourd'hui, qui se nourrit plusieurs jours de suite, il y a longtemps, de viande crue trempée dans la bave d'un chien enragé ?

Innocuité du lait des nourrices syphilitiques (1). — M. le Dr Serre, professeur à Montpellier, termine une étude minutieuse qu'il vient de faire de cette question, en admettant : « que le lait d'une femme syphilitique ne transmet point la contagion. » Nous ne pensons pas que l'on puisse encore exprimer cette proposition d'une manière aussi formelle. Les faits négatifs de M. Serre militent en sa faveur, nous le voulons bien, mais ils ne nous rassurent pas complètement. En admettant qu'elle soit vraie, s'ensuit-il que l'on puisse donner impunément une nourrice syphilitique à un enfant sain ? Certes non, et nous ne doutons pas qu'il n'y ait à le faire la plus lourde responsabilité.

La contagion de la syphilis par le sang est en effet généralement admise aujourd'hui, du moins dans la période des accidents secondaires de cette affection. Or, il n'est pas impossible, loin de là, qu'une succion énergique, éraille la muqueuse du mamelon et n'aspire à la fois le sang et le lait de la nourrice ; et cette éraillure sera d'autant plus facile que l'on se trouvera plus rapproché du début de la lactation. De là, la terrible éventualité d'une inoculation syphilitique.

Transformation de l'alcool dans l'organisme (2). MM. Perrin, Duroy et Lallemand soutenaient que l'alcool absorbé s'élimine en nature,

(1) *Le Scalpel*, 28 août 1881.
(2) *Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale*, 15 août 1881.

et de nombreux expérimentateurs, parmi lesquels nous citerons Rabuteau, sont du même avis. Cependant, des expériences qu'il vient de faire, M. Jaillet croit pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° De l'alcool ingéré par les voies digestives, une partie s'y détruit au contact des ferments naturels qu'elle y rencontre. Le reste passe dans le torrent circulatoire pour arriver bientôt au poumon, d'où une quantité minime s'exhale en nature, tandis que la plus grande partie se transforme en acide acétique. C'est ainsi que l'haleine du buveur est acide et éthérée. L'acide acétique et les acétates formés se brûlent en continuant leur trajet dans les vaisseaux.

2° L'alcool est-il introduit sous la peau ? il est soustrait par là même à l'action des ferments, et il s'élimine en quantité plus considérable par les poumons.

3° L'alcool tue par asphyxie sans être toxique par lui-même. Pour se transformer en acide acétique, l'alcool s'empare en effet de l'oxygène des globules et diminue ainsi les combustions. De là son action antithermique.

D'un autre côté, la production d'acide acétique diminue l'alcalinité du sang, nouvelle condition défavorable aux phénomènes nutritifs. La destruction des carbonates du sang par l'acide acétique dégage de l'acide carbonique. Ce dernier s'accumule dans les vaisseaux et les tissus, parce que le sérum du sang n'est plus assez alcalin pour le fixer, et il s'oppose aux échanges gazeux. Il est tout naturel alors que l'usage de l'alcool diminue l'exhalation de l'acide carbonique.

4° La conclusion qui découle naturellement de ces expériences est qu'il faut combattre les fâcheux effets de l'alcool par l'usage des alcalins, surtout par le bicarbonate de soude et le bicarbonate de potasse.

Afin de justifier, en partie du moins, ces conclusions, rappelons que, d'après M. Jaillet, si l'on ajoute a du sang défibriné une certaine quantité d'alcool, ce sang perd sa couleur rouge pour devenir noir, et qu'à diverses reprises le battage au contact de l'air peut reproduire ce phénomène. Pendant ce temps, la plus grande partie de l'alcool se transforme en acide acétique.

On n'obtient pas le même phénomène si on remplace le sang par le liquide de l'ascite, malgré sa ressemblance avec la sérosité sanguine. C'est que le globule rouge avec son hémoglobine jouit seul de la propriété de donner une énergie spéciale à l'oxygène que nous respirons.

Dr A. Dumont.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

—

La tourbe ; son exploitation industrielle dans le nord de la France.— Les gisements de tourbe, parfois très étendus, se rencontrent principalement dans les régions tempérées et celles du Nord. Cette substance et ses sous-produits ont acquis de nos jours une assez grande importance industrielle.

La tourbe est employée comme combustible, soit à l'état de briquettes desséchées, soit sous forme de coke. Sèche, pulvérisée et mélangée dans la proportion de 50 p. c. avec les vidanges, elle forme un engrais puissant et presque inodore. Le goudron de tourbe est utilisé très avantageusement pour l'injection et la conservation des bois ; dissous dans l'eau, en fumigations, il constitue un désinfectant précieux. Par distillation, on en retire une huile de graissage inodore, inaltérable et incongelable. On peut aussi s'en servir pour la fabrication du noir de fumée. En distillant de la tourbe préalablement carburée avec son propre goudron, on obtient un gaz plus éclairant que le gaz de houille et appliqué avantageusement à la cémentation et à l'aciérage du fer. Enfin on sépare des produits de la carbonisation de la tourbe une certaine quantité d'eau ammoniacale, qui est employée à la préparation du sulfate d'ammoniaque.

Dans la séance du 27 mai dernier, M. Colard a fait à la Société d'encouragement une communication relative au traitement de la tourbe dans le nord de la France.

On vérifie d'abord si le gisement qu'on se propose d'exploiter ne donne pas par incinération plus de 10 à 12 p. c. de cendres ; si sa richesse en goudron n'est pas inférieure à 9 ou 10 p. c. ; et en azote, à 2 p. c. On étudie ensuite la contexture du banc au moyen d'une sonde-cuillère; et on procède à son extraction en se servant de la drague ou du secteur vertical. Des barques circulant dans des canaux reçoivent la tourbe. De là, elle va, par l'intermédiaire d'une chaîne à godets, se faire malaxer et triturer dans un broyeur. Cet appareil se compose d'une cuve et de deux hélices à quatre branches, fixées sur un arbre vertical, se mouvant horizontalement sur des grilles en spirales, dont les barreaux sont plus ou moins espacés suivant la nature de la tourbe et le degré de malaxage qu'on veut obtenir. Un moteur de la force de 3 ou 4 chevaux suffit à actionner un broyeur fournissant en 5 minutes assez de gadoue pour la confection de 3000 briquettes de $0^{m}28 \times 0^{m}10 \times 0^{m}09$. Cette gadoue, recueillie dans un bateau, est transportée aux étentes, puis conduite et versée sur des toiles pour y être moulée en briquettes.

Souvent on se sert à cet effet de brouettes mouleuses ou de la machine broyeuse-mouleuse Clayton. Quand les briquettes ont acquis par dessiccation une certaine consistance, on les retourne ; puis on les superpose en câtelets de 10 à 12 briquettes. Après quelques jours, on renverse ces câtelets. Quand la dessiccation en est arrivée à un point voulu, on met les briquettes en gros tas ou piles, en ayant soin de construire ces piles sur un sol sec, et de les couvrir immédiatement avec de la paille, des joncs et des roseaux. On laisse ainsi les briquettes sécher à l'air libre pendant un an au moins, en remuant de temps en temps les tas. Finalement la tourbe ne renferme plus que 25 p. c. de son poids d'eau.

On a essayé sans grand succès d'éliminer l'eau de la tourbe par compression. On a été plus heureux dans l'expérience qu'on a faite récemment du séchoir Moussard. Tandis qu'avec le procédé de dessiccation à l'air libre on ne peut, à cause de la rigueur du climat, travailler que pendant une partie de l'année assez restreinte (du 15 avril au 15 août), l'emploi du séchoir permet de doubler au moins la durée de la campagne ; la dessiccation s'y opère en 36 heures pendant la saison d'hiver, pour de la tourbe fraîchement moulée et tout humide. Ce séchoir comprend un couloir où sont introduits les wagonets chargés de tourbe.

Le prix de revient de la tourbe en briquettes desséchées est au maximum de 16 francs la tonne.

La carbonisation s'effectue ordinairement en vase clos, dans des cornues en fonte, au moyen de fours analogues à ceux des usines à gaz. Un tuyau ascenseur conduit les vapeurs dans un barillet ; de là, elles passent dans un condenseur. Les produits liquéfiés sont reçus dans une cuve ; et les gaz qui échappent à la condensation sont amenés sur la grille du four et utilisés comme combustibles. La tourbe carbonisée est défournée et versée dans des étouffoirs où elle se refroidit ; puis elle est répandue sur une sole, criblée et classée d'après la grosseur des morceaux, pour être enfin livrée au commerce. Le charbon ainsi obtenu correspond en moyenne à 42 p. c. du poids des briquettes sèches. Les bénéfices de cette fabrication ne sont pas de moins de 19 francs par tonne de charbon.

Les tourbes sèches donnent à la distillation 2 à 3 p. c. de goudron.

Le goudron sert en partie à la fabrication des agglomérés. On fait usage, pour cette fabrication, d'un pulvérisateur, d'un mélangeur, d'une cuve à goudron avec serpentin réchauffeur, et d'une mouleuse à tasseur automatique. Après quelques jours de séchage, les briquettes sont recarbonisées sans feu alimentaire dans un four spécial au charbon de Paris.

On peut aussi retirer du goudron 23 p. c. de noir léger, ou 30 p. c. d'huile de graissage. En le mélangeant à de la tourbe dans la proportion

de 12 à 15 p. c., et en distillant, on obtient par tonne de matière carburée 400 mètres cubes de gaz d'éclairage (1).

Les mines métalliques de l'Océanie. — Les mines d'étain de l'île de Banca sont exploitées régulièrement depuis 1821 par le gouvernement hollandais. Elles occupent de 9 000 à 10 000 ouvriers. Leur production en 1870 a été de 77 615 piculs (2).

A Billiton, l'exploitation est confiée à une société particulière. Elle a commencé en 1853. Le rendement moyen du minerai en étain est de 2 1/2 à 3 p. c. Ces mines donnent du travail à plus de 4000 ouvriers, presque tous chinois; et leur production a atteint, en 1879, 84 710 piculs. Les principaux districts sont ceux de Manger, Boeding, Dindang et Tandjonk Pandan. L'exploitation se fait à ciel ouvert. Le traitement métallurgique laisse à désirer, paraît-il : les fours de fusion ne sont pas assez élevés, la tuyère plonge trop bas, et on ne tire pas assez parti des moteurs hydrauliques (3).

C'est vers 1845 que l'on découvrit le gisement de minerai de cuivre de Kapunda, à 45 milles au nord d'Adélaïde (Australie) ; 2 ans après, on trouva celui de Burra-Burra, qui a produit en 31 ans 215 000 tonnes de minerai, valant 4 millions de livres sterling; puis furent découvertes les mines de Wallaroo, plus riches encore que la précédente, et dont la production moyenne durant ces 5 dernières années a été de de 16 080 tonnes; enfin la mine de Moonta, mise en exploitation vers 1861, a donné en 17 ans 338 207 tonnes valant 3 368 000 livres (4).

Préparation mécanique des minerais. — Un récent article de M. Habets, relatif à l'exposition de 1878 (5), nous fournit une appréciation judicieuse des derniers perfectionnements apportés aux méthodes de préparation mécanique.

En somme cet art important a fait assez peu de progrès depuis 1867.

Plusieurs broyeurs ont été proposés dans le genre du désintégrateur Carr, c'est-à-dire basés sur l'anéantissement de la force vive par un choc aérien. Tel est le broyeur de M. Vapart ; avec un diamètre de 1^{m} 50, il broie par heure, à la Vieille-Montagne, 6 à 7 tonnes de terre réfractaire calcinée et concassée d'avance; aux mines de Chessy, un broyeur de $1^{m}05$ de diamètre broie par heure 15 tonnes de pyrite

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement*, juin 1881.
(2) 1 picul vaut 62 1/2 kilos.
(3) Rapport de M. Ferrier, consul général de Belgique à Batavia.
(4) *Moniteur des intérêts matériels*, 12 juin 1881.
(5) *Revue universelle des mines*, etc., mai et juin 1881.

amenée préalablement à une grosseur de 6 à 7 centimètres au moyen d'un concasseur à mâchoires. Tel est encore le broyeur de MM. Durand et Chapitel. Mais ces appareils ne conviennent que pour la pulvérisation de matières sèches et de dureté moyenne.

Pour les matières très dures, on emploie aux usines du Lac-Supérieur des bocards dans lesquels la vapeur agit directement pour soulever le pilon, et d'autres entre le sabot et la flèche desquels est appliqué un ressort d'air. On a aussi interposé entre le mécanisme moteur et le pilon des ressorts en acier (MM. Mather et Platt, de Manchester).

Le concasseur Blake a également reçu diverses modifications. Les machines de Hall, de Broadbent, de Burton, etc., qui sont des variantes du type primitif, peuvent concasser jusque 150 tonnes de macadam par jour, avec une force motrice de 12 chevaux.

En fait de trommels débourbeurs, citons celui de M. Austruy, installé à Cuzorn (Lot-et-Garonne). Cet appareil est conique, et son axe est incliné vers la petite base : cette disposition permet de supprimer les cloisons héliçoïdales.

Les cribles continus à fond filtrant sont devenus d'un emploi général pour le setzage des grenailles de toute grosseur ; et on les applique même avec succès au lavage des charbons fins.

Les appareils de setzage à l'air comprimé, imaginés en 1868 par M. Krom, de New-York, méritent aussi l'attention des industriels. Ils peuvent fournir un plus grand nombre de coups par minute ; ils ne donnent pas lieu à la formation de courants perturbateurs du classement ; ils peuvent servir à cribler des grains très fins, et même des poussières presque impalpables.

Comme appareils de lavage, il faut surtout remarquer ceux de Rittinger : canaux et caisses pointues, tables tournantes concaves, et tables à secousses latérales. Mentionnons encore celui de MM. Rivière et Allain pour le lavage des sables aurifères : il se compose d'une caisse de 8 à 10 m. de long, en bois, réunissant un caisson débourbeur à une longue table dormante à rainures transversales, dont le fond et les parois sont obliques et où l'on recueille les produits enrichis. Enfin M. Bazin a imaginé pour le lavage des sables aurifères un appareil à force centrifuge fort original. C'est une cuve hémisphérique en cuivre, de $0^{m}45$ de diamètre, à laquelle on imprime un mouvement de rotation plus ou moins rapide au moyen de manivelles. Le lavage s'opère sous l'eau, dans un tonneau de $0^{m}70$ de diamètre. Les sables soumis à l'action de la force centrifuge remontent le long des parois de la cuve hémisphérique, et tombent par-dessus les bords de celle-ci dans le tonneau ; tandis que les matières riches restent dans la cuve. Cet appareil permet de laver des quantités 20 fois plus grandes que l'antique batée des laveurs d'or.

L'*Engineering* (1) signale un nouveau procédé de séparation des minerais possédant le même poids spécifique. On sait que les méthodes ordinaires, basées sur l'action de l'eau, sont insuffisantes à séparer les minéraux classifiés d'après leur volume et possédant la même densité : c'est le cas, par exemple, pour des mélanges de blende et de pyrite. On recourt alors à d'autres procédés, tels que l'emploi d'aimants, après transformation de la pyrite en oxyde magnétique. Un autre mode de traitement, plus simple encore, a été imaginé récemment par M. F. Büttenbach, aux mines de Lintorf (Düsseldorf) : il est basé sur la différence de cohésion des deux minéraux. Au moyen du désintégrateur centrifuge Vapart, marchant à 325 tours par minute, la blende est complètement réduite en sables, tandis que la pyrite reste intacte, c'est-à-dire que ses morceaux conservent un volume de 6 à 10mm. Un simple criblage suffit alors à la séparation des deux minéraux. Un appareil Vapart peut ainsi pulvériser par heure 2 1/3 à 3 tonnes de minerai en morceaux de grosseur variant entre 4 et 25 millimètres.

Explosions de chaudières. — D'après M. Daniel T. Lawson, de Pittsburg, un grand danger d'explosion de chaudières réside dans l'ouverture brusque des soupapes d'admission de la vapeur dans le cylindre moteur. Pour lui, l'eau surchauffée est presque aussi explosive que du coton-poudre ; et, sous l'influence d'un abaissement de pression, elle acquiert une force expansive énorme.

M. Lawson a fait récemment des expériences à l'appui de sa théorie. La chaudière employée avait 6 pieds de longueur et 30 pouces de diamètre ; elle était construite en fer *best*, supportant à l'allongement 624 livres par pouce carré. La pression ayant été portée à 325 livres par pouce carré, la soupape fut levée brusquement : il se produisit un choc ressenti distinctement par les spectateurs au moyen d'un appareil d'épreuve. La pression fut ensuite élevée à 380 livres, devenant ainsi un peu supérieure à la moitié de la pression nominale que la chaudière pouvait supporter. Au moment de l'introduction de la vapeur dans le cylindre, il se produisit un faible choc, lequel fut suivi cette fois d'une détonation formidable. Un énorme volume de vapeur s'échappa sans aucun mélange d'eau liquide : celle-ci s'était transformée toute entière en vapeur au moment où la pression s'était abaissée. La chaudière était déchirée en mille morceaux ; et le plus gros fragment, de 18 pouces environ sur 12 de superficie, avait été projeté à une distance de près d'un demi-mille.

L'expérience a donc confirmé pleinement les vues de M. Lawson. Cet

(1) 9 septembre 1881.

ingénieur se propose d'essayer maintenant une chaudière construite par lui d'après un nouveau système, de façon à supprimer cette cause d'explosion. La question revient à maintenir au contact de l'eau surchauffée une pression uniforme : M. Lawson compte y arriver en disposant, entre les tubes et la partie supérieure de la chaudière, une cloison munie de soupapes plus petites que celles par où la vapeur est introduite dans le cylindre (1).

Industrie du gaz. — En présence des progrès rapides que fait l'application de l'électricité à l'éclairage et à la transmission de la force motrice, l'industrie du gaz s'évertue avec plus d'ardeur que jamais à perfectionner ses procédés, de façon à améliorer la qualité de ses produits et à en étendre l'emploi.

Un des principaux points sur lesquels l'attention s'est portée dans ces derniers temps, c'est la nécessité d'utiliser aussi complètement que possible le calorique dégagé dans le four de distillation. Ce sujet a été traité fort savamment par M. Melon au dernier congrès de la Société technique de l'industrie du gaz.

M. Melon évalue d'abord comme suit les diverses fractions de la chaleur totale développée dans le foyer qui, dans la plupart des cas, ne sont pas utilisées réellement pour la distillation :

Perte résultant de l'entraînement dans la cheminée des gaz à une température de 1200°	60,0	p. c.
Perte au travers de la maçonnerie de devanture . .	2,5	—
— — — supérieure . .	1,5	—
Perte dans le foyer, résultant de la vaporisation de l'eau contenue dans le coke	1,4	—
Perte dans le foyer, résultant de la formation de mâchefers	1,1	—
Pertes diverses dues à l'ouverture du foyer pendant les décrassages, à l'ouverture des cornues pour le délutage et la charge, etc	5,0	—
Perte par les produits de la distillation : gaz . . .	5,0	—
— — — — — coke . . .	12,0	—
Soit un total de	88,5	—

Il passe ensuite en revue les divers moyens employés ou proposés pour atténuer ces pertes.

On peut pour ainsi dire annuler l'effet du rayonnement par le massif

(1) *Scientific American*, 9 July 1881.

supérieur des fours en augmentant l'épaisseur de ce massif, en le composant de briques creuses, de sable, de craie en poudre, etc.

En portant à $0^m,63$ l'épaisseur du mur de devant, on a réduit à 1,4 p. c. la perte résultant du rayonnement par cette devanture. L'inconvénient est qu'alors les joints des têtes des cornues sont noyés dans le massif.

On atténuerait la perte due à l'absorption de la chaleur par le coke, en utilisant immédiatement dans le foyer ce coke encore chaud et non éteint. De la sorte on éviterait également la perte occasionnée par la vaporisation de l'eau dans le foyer. L'économie réalisée serait de 2,8 p. c.

Quant aux pertes de chaleur par les produits volatils de la distillation, si on ne peut pas les diminuer, au moins est-il possible de les compenser par l'utilisation de ces chaleurs perdues, en les employant par exemple à chauffer l'air destiné à la combustion. On arrive à ce résultat en disposant autour des tuyaux montants une chambre reliée avec le cendrier, et par laquelle descend l'air. Ce dispositif remplace alors l'anti-réfrigérant ayant pour objet de diminuer la perte par rayonnement du masque. On obtient ainsi une économie de 5 à 6,5 p. c.

La perte par la cheminée pourrait être réduite de moitié, en laissant s'échapper les gaz à une température de 600 degrés seulement, température qui correspond du reste au maximum de tirage. On peut en effet utiliser les chaleurs perdues par la cheminée de diverses façons, notamment : pour la distillation dans un four voisin d'une autre quantité de matières susceptibles de donner du gaz ; pour l'échauffement de l'air destiné à la combustion, d'après les systèmes Siemens, Ponsard, etc., systèmes qui permettent de réduire de 20 p. c. la consommation de combustible, ou d'après quelque autre dispositif moins coûteux et pouvant être établi au niveau du sol de l'atelier ; pour la production de la force motrice nécessaire à la mise en marche des extracteurs, des pompes à goudron et à eaux ammoniacales, des casse-coke, etc. ; enfin pour la concentration des eaux ammoniacales et la fabrication du sulfate d'ammoniaque. En cas d'abaissement excessif de température, le tirage est activé très avantageusement par l'emploi d'un ventilateur.

On parviendrait ainsi, d'après M. Melon, à porter de 11 à 53 p. c. la quantité de chaleur utilisée pour la distillation du gaz, et à réaliser par conséquent une grande économie de combustible.

L'un des perfectionnements le plus généralement adoptés consiste dans le remplacement de l'ancien type de fours par des gazogènes. Ces derniers appareils exigent pour leur conduite un personnel spécial ; mais ils offrent de grands avantages au point de vue de la durée des cornues, de la régularité et de la simplicité du chauffage, de la rapidité de la cuisson des charges, de la qualité du coke et du rendement en gaz.

Le 14 juin dernier, M. Siemens a proposé aux directeurs d'usines à gaz réunis à Birmingham d'établir une distinction entre le gaz produit au commencement et à la fin d'une opération, et celui qui se dégage dans l'intervalle. Le premier, correspondant au tiers de la production totale, est principalement composé de C_2H_4, gaz des marais ; donnant par combustion moins de noir de fumée et développant un pouvoir calorifique supérieur, il convient surtout au chauffage et à la production de force motrice. Le second consiste principalement en $C_4 H^2$, acétylène, et $C_4 H_4$, gaz oléfiant ; il possède un pouvoir éclairant de 20 p. c. plus considérable que le précédent.

Pour la fabrication du gaz destiné au chauffage, M. Siemens conseille d'employer comme élément comburant, dans le gazogène, de la vapeur d'eau : on évite ainsi l'introduction de l'azote, lequel est alors remplacé dans le mélange gazeux par de l'hydrogène.

Il a imaginé aussi une nouvelle disposition de bec brûleur, ayant pour but d'utiliser une partie de la chaleur perdue de la flamme pour le chauffage de l'air et du gaz : il parvient ainsi à augmenter la proportion et la température des particules de carbone dans la flamme, et partant le pouvoir éclairant de celle-ci.

Un autre type de bec intensif à régénérateur, remplissant le même objet, avait été proposé déjà par son frère Fréderick Siemens, de Dresde (1).

Déphosphoration des fontes. — De nombreuses méthodes ont été proposées pour la déphosphoration des fontes : elles peuvent se diviser en deux classes. Les unes sont basées sur l'emploi de réactifs destinés à produire la combinaison du phosphore avec un métalloïde (chlore, iode, etc.), et la formation d'un composé susceptible d'être éliminé par volatilisation ; les autres, sur l'emploi de réactifs produisant l'oxydation du phosphore, sa conversion en acide phosphorique et son élimination sous forme de phosphate.

Dans la première catégorie de procédés, les résultats désirés sont fort difficiles à obtenir, à cause de la réaction inverse du fer à une température élevée sur les chlorures ou iodures de phosphore, réaction qui donne lieu à la formation de chlorures et de phosphure de fer.

Il n'y a que les méthodes de la seconde classe qui soient vraiment pratiques : le silicium et le carbone s'oxydent d'abord, puis le phosphore se transforme en acide phosphorique et en phosphates. C'est dans cette catégorie que rentrent le procédé Thomas-Gilchrist, et aussi deux méthodes inventées tout récemment : celle de M. Antoine Rollet et celle de MM. Aubertin et Boblique.

(1) *Revue industrielle.*

Nous avons déjà, dans nos précédentes revues, parlé du procédé Thomas. Grâce aux perfectionnements introduits par M. Holley dans la construction des convertisseurs, il est devenu facile de remplacer les fonds sans modifications coûteuses.

M. Antoine Rollet, au Creusot, opère de deux façons distinctes. Il se sert d'un four à coupole à garniture basique : le fer brut phosphoreux reçoit une addition de chaux, de dolomie, etc., ainsi que de spath fluor ; et le tout est porté à une température élevée, afin d'obtenir des scories basiques et fluides. Il fait également usage de fours à flamme, ou de convertisseurs Bessemer, munis d'un revêtement basique. Dans la première phase du procédé, il emploie du charbon ; les scories phosphoreuses qui se forment sont alors écartées avant la décarburation. Une fois les scories écartées, la silice, le carbone et le phosphore sont éliminés d'après la méthode connue.

MM. Aubertin et Boblique ont spécialement en vue d'effectuer l'élimination du phosphore sous forme d'un corps indécomposable au contact du fer et même de la silice : or le seul phosphate presque inattaquable dans ces conditions est le phosphate d'alumine. Ce composé possède en outre l'avantage de ne diminuer en rien la fluidité des scories. Au lieu de l'alumine pure, pour saturer l'acide phosphorique, on emploie la beauxite qui est moins coûteuse. On ajoute, par exemple, aux charges ordinaires, dans le four à puddler, 5 à 6 kilos de beauxite pour 100 kilos de fonte. L'essai de cette méthode a été fait dans diverses usines, notamment à Liège, où l'on a obtenu, avec des fontes de Sclessin à 2,08 p. c. de phosphore, du fer à 0,11 de phosphore. Il est probable qu'elle donnerait également de bons résultats au convertisseur Bessemer sans que, comme dans le procédé Thomas, il fût nécessaire de changer les garnitures siliceuses ordinaires.

MM. Thomas et Gilchrist viennent d'imaginer un moyen d'utiliser les sous-produits de la déphosphoration : nous voulons parler des scories provenant de la fabrication de l'acier par le procédé basique, scories qui peuvent contenir jusque 9, 20 p. c. d'acide phosphorique. Ces scories sont pulvérisées, puis traitées par l'acide chlorhydrique La solution, séparée par filtration des silicates insolubles, est additionnée de chaux. Le précipité qui se forme est séché, mélangé avec du sulfate de soude et du charbon en poudre, puis exposé pendant quelques heures à une température élevée sur la sole d'un four. On lave ensuite à grande eau, et on obtient d'une part une solution de phosphate de soude et d'autre part un résidu d'oxyde ferrique. Lorsque les scories renferment une quantité importante de manganèse, on parvient aussi à l'en extraire en modifiant quelque peu le procédé (1).

(1) *Revue industrielle*, 24 août 1881. — *Revue Universelle des mines*, etc. mars-avril 1881. — *Moniteur des intérêts matériels*, 28 août 1881.

Traitement des minerais de soufre. — M. de la Tour du Breuil a présenté dernièrement à l'Académie des sciences une note relative à un nouveau procédé d'extraction du soufre de ses minerais.

La méthode généralement suivie est celle qu'on appelle en Sicile le *calcaroni*, méthode défectueuse, donnant lieu au dégagement d'une grande quantité d'acide sulfureux. Les essais de fusion au moyen d'appareils à air chaud et à vapeur surchauffée n'ont donné non plus que des résultats fort imparfaits au point de vue pratique. M. de la Tour du Breuil a imaginé de tirer parti, pour cette opération, de l'élévation du point d'ébullition de l'eau par la présence d'un sel en dissolution.

Sur un foyer sont disposées deux cuves rectangulaires inclinées à 10 p. c. L'une de ces cuves est remplie de minerai ; l'autre contient une solution renfermant 66 p. c. de chlorure de calcium. Cette solution est portée à la température de 120 degrés, puis maintenue au contact du minerai pendant deux heures. La liquation du soufre est alors complète. Pendant qu'on vide la cuve, la même opération s'exécute dans l'autre appareil ; de sorte qu'il n'y a aucune interruption dans le travail, et que le même bain toujours bouillant peut servir indéfiniment en passant d'une cuve à l'autre. Le chlorure calcique ne réagit nullement sur le soufre ni sur les gangues à la température de l'opération Le soufre obtenu est presque pur ; il ne renferme aucune trace d'acides sulfureux et sulfurique ; on n'y trouve plus que 1/2 à 1 pour 1000 de résidus terreux ; et, d'autre part, il n'en reste dans la gangue que 2 à 3 p. c. Le coût de l'opération n'est que de 5 fr environ la tonne.

Traitement des minerais aurifères. — Un nouveau procédé pour l'extraction de l'or des minerais complexes et réfractaires a été récemment expérimenté à Lambeth. L'outillage consiste en un bocard analogue à un marteau à vapeur, un four à réverbère pour le grillage du minerai pulvérisé, et des ustensiles chimiques pour l'extraction de l'or au moyen des acides. Une demi-tonne environ de minerai pulvérisé et lavé est placée dans une cuve mise en rapport par une tuyauterie avec une chambre contenant des dissolvants nitro-chloriques. Le minerai est soumis pendant quelque temps à l'action de ceux-ci ; et la solution obtenue est traitée pour la séparation de l'or et de l'argent qu'elle renferme. Ces métaux sont alors fondus dans un creuset ordinaire. Les acides sont recueillis, de façon à pouvoir être utilisés de nouveau. D'après les inventeurs, le traitement d'une tonne de minerai ne coûte que 25 shillings ; et 90 p. c. des métaux précieux renfermés dans le minerai peuvent être extraits par ce procédé (1).

(1) *Engineering*, 2 sept. 1881.

Fabrication industrielle de l'oxygène.— L'oxygène semble appelé à jouer bientôt un rôle important dans la métallurgie (hauts-fourneaux, creusets de fusion, fours Martin-Siemens, convertisseurs Bessemer), la fabrication des produits chimiques (acide sulfurique, etc.), l'éclairage, la teinture, le blanchiment, la papeterie, la thérapeutique, etc. Aussi s'occupe-t-on assez bien de nos jours des moyens de perfectionner les procédés de préparation industrielle de ce précieux élément.

Le procédé au permanganate, mis en pratique par M. Tessier du Motay, permettait déjà de fabriquer ce gaz à raison de 0 fr. 20 le mètre cube. Voici que MM. Brin frères, à Passy, en reprenant l'ancienne méthode de Boussingault, au moyen de la baryte, sont parvenus à réduire à 0 fr. 15 et même 0 fr. 10 le prix de revient du mètre cube.

L'inconvénient de cette méthode consistait jusqu'ici dans la nécessité de revivifier au bout d'un certain temps la baryte utilisée, et dans la difficulté d'obtenir un gaz renfermant plus de 65 p. c. d'oxygène. MM. Brin en sont arrivés à pouvoir se servir indéfiniment du même produit sans que le rendement diminue ; et ils obtiennent de l'oxygène à 95 p. c. de pureté.

Du sulfate de baryte, qu'on se procure à la mine moyennant 7 à 8 francs les 100 kilogrammes, est mélangé avec 25 p. c. de charbon pilé, et porté dans des fours spéciaux à la température du rouge blanc. Le sulfure du barium obtenu est dissous dans l'eau froide, puis traité par de l'acide nitrique. L'azotate qui en résulte est mis à cristalliser, puis desséché et calciné lentement. La baryte caustique est immédiatement renfermée dans des vases, pour éviter qu'elle ne s'altère et ne devienne inerte. Elle revient à moins de 250 francs les 100 kilogrammes.

La baryte est chargée dans des cornues métalliques réunies par groupes de 15 dans des fours chauffés au combustible gazeux. Des ventilateurs actionnés par une locomobile foulent l'air dans les cornues, après l'avoir fait passer par un saturateur qui lui donne le degré hygrométrique le plus convenable pour sa réaction sur la baryte ; son admission dans la cornue est d'ailleurs réglée automatiquement par un pyromètre métallique. Des pompes d'extraction actionnées par le même moteur envoient l'oxygène des cornues au gazomètre. Sur le parcours du gaz il y a un décarburateur et un détendeur (1).

(1) *Comptes rendus de la Société des ingénieurs civils.*

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. XCIII, juillet, août, septembre 1881.

N° 1. **Henri Sainte-Claire Deville**, né le 18 mars 1818, à Saint-Thomas des Antilles, de parents français, est mort, le 1er juillet 1881, à Boulogne-sur-Mer. C'était l'un des princes de la chimie minérale. On lui doit la découverte de l'aluminium, de belles recherches sur le platine et les métaux qui l'accompagnent, la théorie de la dissociation, etc.

N° 2. **Faye** résume comme il suit les résultats de ses études sur la force répulsive du soleil qui donne aux queues des comètes leur forme caractéristique. La queue d'une comète, dans son ensemble, est l'enveloppe des positions occupées, à un instant donné, par la série des bouffées de matière cométaire successivement émises et chassées les jours précédents, sans qu'il subsiste entre elles d'autre liaison que la commune vitesse de translation qu'elles possédaient à leurs points de départ. La force répulsive du soleil est propre à son état électrique (Olbers), magnétipolaire (Bessel) ou calorifique (Faye), peu importe. Mais ses caractères mécaniques, déduits des faits observés, ne peuvent être discutés. Les voici : 1° Cette force répulsive est proportionnelle aux surfaces, non aux masses, et agit par conséquent le plus sur les matériaux les moins denses. 2° Son action est affaiblie ou même arrêtée par l'interposition du moindre écran. 3° Elle ne se propage pas instantanément et, par suite, son action sur un point en mouvement ne s'exerce pas dans la même direction que l'attraction. 4° Elle varie en raison inverse du carré de la distance. L'existence simultanée de plusieurs queues, avec des courbures très différentes, que l'on observe sur presque toutes les comètes (sauf si l'on est à peu près dans le plan de leur orbite, auquel cas les diverses queues courbes se projettent en une seule ligne

droite) est une des conséquences vérifiées de la théorie précédente (voir aussi n° 8). **Huggins** : D'après les observations spectroscopiques, il faut admettre dans le noyau de la comète *b* de 1881 la présence du cyanogène. **Berthelot** : Les spectres de l'acétylène et du cyanogène observés dans la comète *b* de 1881, sont caractéristiques d'une illumination électrique d'un gaz contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, libres ou combinés. On peut donc s'expliquer la lumière du noyau des comètes sans recourir à une combustion continue des matières si peu denses qui les constituent. **Wolf** et **Thollon** : La masse de la comète *b* de 1881 est formée en partie d'un gaz incandescent et en partie d'une matière solide ou liquide, également incandescente, à l'état de division extrême, émettant une lumière blanche qui lui est propre et réfléchissant aussi la lumière du soleil.

N° 3. **Lengley**, en poursuivant ses études expérimentales sur la distribution de l'énergie dans le spectre solaire normal, a constaté que l'énergie est faible dans l'ultraviolet, croît rapidement vers le bleu et au delà, décroît ensuite lentement jusqu'au rouge. Les effets lumineux de l'énergie solaire sur la rétine sont approximativement proportionnels à ceux de la chaleur sur le thermomètre ; il n'en est pas de même pour les effets chimiques d'une part et les effets calorifiques ou lumineux d'autre part, dans la région violette du spectre. La courbe qui représente la distribution de l'énergie dans le spectre solaire avant l'entrée dans l'atmosphère terrestre a, à peu près, la même allure que la courbe qui la représente à la surface de la terre, sauf que son maximum est maintenant dans le bleu même et non au delà, vers la raie D. La comparaison des courbes avant et après le passage des radiations solaires à travers l'atmosphère, prouve que l'énergie que cet astre nous envoie est absorbée en grande partie avant de nous arriver, particulièrement l'énergie des radiations bleues. D'après cela, la lumière du soleil, vue hors de notre atmosphère, serait probablement non pas blanche, mais bleuâtre. **Fayol** croit que les arbres que l'on rencontre, dans le terrain houiller, perpendiculaires au plan de stratification qui les renferme, n'ont pas été enveloppés de sédiments et fossilisés *au lieu même de leur croissance*, mais qu'ils ont été charriés et déposés au fond des eaux, comme tous les autres éléments constitutifs du terrain houiller, et il appuie son opinion d'observations et d'expériences qui semblent assez probantes. **Toussaint**. L'immunité charbonneuse acquise par des inoculations préventives se transmet des brebis à leurs agneaux, même si l'inoculation s'est faite avant la conception.

N° 4. **Bouley** : De nouvelles expériences de vaccination charbonneuse, faites à Chartres par la méthode de M. Pasteur, ont parfaitement réussi. **Toussaint** maintient l'opinion émise par lui, il y plus d'un an,

savoir que la septicémie expérimentale aiguë est identique au choléra des poules. Les lésions produites par l'une et l'autre maladie sont identiques. Des poules inoculées avec le sang de lapins morts de septicémie sont réfractaires au choléra. **Dieulafait** : L'acide borique existant dans les terrains sédimentaires, toujours associé à des substances salines, a absolument la même origine qu'elles : il provient de l'évaporation spontanée, à la température ordinaire, des eaux des anciennes mers. **E. Renou** : Le 19 juillet, aux environs de Paris, le thermomètre centigrade a marqué 38°4, température qu'on n'a jamais éprouvée à Alger, aux Antilles ou à Cayenne.

N° 5. **Jamin** : Aussitôt qu'il eut découvert l'arc électrique, Davy le plaça dans le vide, et reconnut que sa longueur est augmentée et que les charbons ne s'usent plus. En plaçant la lampe qu'il a inventée dans un vase clos contenant de l'air, M. Jamin a reconnu qu'après une période où se produisent diverses combinaisons et décompositions chimiques, telles que finalement il ne reste que de l'azote et de l'oxyde de carbone, l'arc électrique se réduit à un arc très net, bien étalé, d'un bleu verdâtre et d'une fixité absolue, les charbons ne s'usant plus, comme s'ils étaient dans le vide. **De Quatrefages** prouve, en analysant les voyages d'un Indien Peau-Rouge nommé Moncatch-Apé (avant 1720) que les populations de l'extrême Orient connaissaient et fréquentaient avant les Européens certains points de l'Amérique septentrionale. **Toussaint** : Dans la tuberculose, tous les liquides de l'économie, le mucus nasal, la salive, la sérosité des tissus, l'urine sont virulents et peuvent donner la maladie. Le virus résiste et conserve son action à la température qui tue la bactéridie du charbon. La viande crue et le jus de viande des animaux tuberculeux transmettent aussi la maladie avec la plus grande facilité (n° 7). La tuberculose est d'ailleurs causée par un microbe spécial. **Galtier** : Les injections de virus rabique dans les veines du mouton ne font pas apparaître la rage et semblent plutôt conférer l'immunité. L'introduction du virus dans les voies digestives, au contraire, donne la rage.

N° 6. **G. Govi** : L'inventeur des lunettes binoculaires est D. Chorez, lunetier parisien, et non Galilée qui a inventé le microscope composé appelé aujourd'hui *loupe de Brücke*. **Ancelin** : L'acétate de soude cristallisé contient environ quatre fois autant de chaleur utile qu'un même volume d'eau, à la même température de 80°. On peut donc l'employer, avec grand avantage, pour remplir les chaufferettes des wagons, comme le prouvent la théorie et l'expérience déjà faite en grand sur plusieurs lignes de chemins de fer. **D. Klein** a découvert une solution de densité 3.28, propre à l'analyse immédiate des roches. C'est la solution de tungstoborate de cadmium. Ce sel se dissout dans moins de 10 pour 100 de son

poids d'eau. La solution est assez mobile, transparente, légèrement colorée en jaune : elle est vénéneuse, mais ne corrode pas les doigts. En y ajoutant progressivement de l'eau, il est clair qu'elle peut servir à séparer aisément la plupart des minéraux, puisque leur densité est comprise, pour la plupart, entre 2.2 et 3.3. **Vulpian** : Les expériences de tuberculisation de M. Toussaint ayant été faites en grande partie sur des lapins, lesquels contractent la tuberculose, sans introduction d'une matière animale quelconque, dans des conditions très diverses, il se peut que ces expériences ne soient pas absolument probantes.

N° 7. **De Lesseps** : Claude de Jouffroy a inventé un bateau à vapeur, remontant la Saône avec une vitesse de deux lieues à l'heure lorsqu'il était pesamment chargé, dès 1783, vingt-quatre ans avant Fulton, qui reconnaissait d'ailleurs la priorité de l'invention.

N° 8. **Roche** : Si l'aplatissement est supérieur à $\frac{1}{295}$, comme il paraît résulter des plus récentes déterminations, l'hypothèse de la fluidité primitive de la terre n'est plus suffisante pour expliquer cet aplatissement. Mais on y parvient en considérant le globe comme formé d'un bloc à peu près homogène, un peu plus pesant au centre, d'une densité voisine de celle des fers météoriques, recouvert d'une couche plus légère, fluide, d'une densité 3, voisine de celle des aérolithes de nature pierreuse où le fer n'entre qu'en faible proportion. **Thollon** : L'étude spectroscopique des comètes *b* et *c* de 1881, tend à faire croire qu'elles possèdent une température très élevée, même à l'aphélie.

N° 9. **Faye** vient de publier le premier volume du *Cours d'Astronomie de l'École polytechnique*, contenant l'étude du mouvement diurne, la théorie des instruments et des erreurs, l'organisation des grands observatoires, la géographie mathématique et la géodésie. L'auteur a résumé dans cet ouvrage ses études sur la figure de la Terre. **Garcia de la Cruz** : L'énoncé de la deuxième loi de Gay-Lussac, concernant les combinaisons des gaz, donné par M. Verschaffel au n° 9 des Comptes rendus (1er semestre) comporte de nombreuses exceptions.

N° 10. **Respighi** : Il se peut que l'on puisse expliquer les particularités que présente le spectre des comètes sans leur supposer une lumière propre. A côté du spectre faible, mais complet, de la lumière solaire réfléchie sur les parties externes où l'absorption est insensible, il peut s'en produire un autre provenant des parties profondes, spectre grandement modifié par une absorption plus profonde. **Brunet** : L'inoculation de matières étrangères, autres que le tubercule, dans le tissu sous-cutané du lapin, détermine très souvent des tubercules dans le poumon de cet animal. Les expériences de M. Toussaint sur la tuberculose ne sont donc pas concluantes.

N° 11. **Mercadier** : Le noir de fumée, qui est jusqu'à présent l'agent

thermophonique par excellence, est aussi susceptible de jouer, comme le sélénium, le rôle de photophone électrique. **De Lacerda** : Le permanganate de potasse agit comme vrai antidote du venin de serpent.

N° 12. **Colladon** (d'après R. Thury) : Le téléphone fait entendre des sons d'intensité très variable, des espèces de crépitements, sous l'action d'éclairs éloignés, action qui paraît due à un courant électrique produit sous l'influence de la décharge. Ces bruits téléphoniques doivent se faire entendre surtout lorsque l'atmosphère est surchargée d'humidité. **Becquerel** : les rayons jaunes D, traversant horizontalement une colonne d'un mètre de sulfure de carbone à 0°, sous l'influence du magnétisme terrestre à Paris, et dans une direction parallèle à l'aiguille de déclinaison, éprouvent une rotation magnétique de 0'8697 de droite à gauche, pour un observateur supposé couché horizontalement, la tête vers le Nord magnétique. **Melsens** résume ses travaux sur le passage des projectiles à travers les milieux résistants ; il y a lieu de tenir compte, dans l'analyse des effets qu'ils produisent, de l'air condensé à leur partie antérieure qui les accompagne en formant comme un coussin élastique. **Ch. Ravaisson** : Les manuscrits de Léonard de Vinci prouvent qu'il s'est occupé de locomotion aérienne et même, en un certain sens, de téléphonie.

N° 13. **Cosson** vient de faire paraître la partie historique et géographique d'une Flore des États barbaresques, Algérie, Tunisie et Maroc (*Compendium floræ atlanticæ*. Paris, imprimerie nationale). **E. du Bois-Reymond** a publié récemment des recherches de MM. Sachs et Fritsch sur le Gymnote électrique (*Untersuchungen am Zitteraal* Leipzig, Veit) qui contiennent un grand nombre de faits nouveaux, en particulier sur le développement des organes électriques du Gymnote comme résultant de la métamorphose des muscles striés.

P. M.

BIBLIOGRAPHIE

Mathématiques.

A. L. Crelle. Rechentafeln. Fünfte Ausgabe. Berlin, G. Reimer. Un vol, in-4°, marcs 12.

S. Günther. Die Lehre von den Hyperbelfunktionen. Halle a/S., Nebert 1881. Un vol. in-8° de x-440 pages, marcs 12.

Lejeune Dirichlet und **R. Dedekind**. Vorlesungen über Zahlentheorie. Dritte Auflage. Braunschweig, Vieveg und Sohn, marcs 13.20.

Archimedis opera omnia cum commentariis Eutocii, e codice Florentino recensuit, latine vertit, notisque illustravit J. L. Heiberg. Leipzig, Teubner, 1880-1881. Deux volumes in-8° de XII-499 et VII-468 pages, marcs 12.

E. Heine. Handbuch der Kugelfunctionem. Zweite Auflage. Berlin, G. Reimer, 1878-1881. Deux volumes in-8° de XVI-484 et XII-380 pages, marcs 14.

J. Hoüel. Cours de calcul infinitésimal. Paris, Gauthier-Villars, 1878-1881. Quatre grands volumes in-8° de XVI-511, 475, 306 et 306 pages, francs 50.

Collectanea mathematica nunc primum edita cura et studio L. Cremona et E. Beltrami. Milan, Hœpli, 1881. Un volume petit in-4°, de XXXII 424 pages, francs 25.

C. G. J. Jacobi's gesammelte Werke. Erster Band. Mit dem Bildnisse Jacobi's herausgegeben von C. W. Borchardt. Berlin, G. Reimer, 1881. Un vol. in-4° de X-546 pages, marcs 18.

J. Steiner's gesammelte Werke. Erster Band. Mit dem Bildnisse Steiner's und 44 Figurentafeln herausgegeben von K. Weierstrass. Berlin, G. Reimer, 1881. Un volume grand in-8° de VIII-527 pages, marcs 16.

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

RÈGLEMENT

ARRÊTÉ PAR LE CONSEIL POUR L'ENCOURAGEMENT DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

1.— Le Conseil de la Société scientifique de Bruxelles a résolu d'instituer des concours et d'accorder des subsides pour encourager les recherches scientifiques.

2. — A cet objet sont consacrés :

1° Le revenu du bénéfice acquis à la Société jusqu'à la session de Pâques 1879 ;

2° La moitié du bénéfice acquis pendant l'exercice qui précède l'exercice courant.

3. — Chaque année, l'une des sections désignera une question à mettre au concours. L'ordre dans lequel les sections feront cette désignation sera déterminé par le sort. Toute question, pour être posée, devra être approuvée par le Conseil qui donnera aux questions la publicité convenable.

4. — Les questions auxquelles il n'aura pas été répondu d'une manière satisfaisante resteront au concours. Le Conseil pourra cependant inviter les sections compétentes à les remplacer par d'autres.

5. — Aucun prix ne pourra être inférieur à 500 francs. Une médaille sera en outre remise à l'auteur du mémoire couronné.

6. — Ces concours ne seront ouverts qu'aux membres de la Société.

7. — Ne sont admis que les ouvrages et les planches manuscrits.

8. — Le choix de la langue dans laquelle seront rédigés les mémoires est libre. Ils seront, s'il y a lieu, traduits aux frais de la Société ; la publication n'aura lieu qu'en français.

9. — Les auteurs ne mettront pas leur nom à ces mémoires, mais seulement une devise qu'ils répéteront dans un billet cacheté renfermant leur nom et leur adresse.

10. — Les jurys des concours seront composés de trois membres présentés par la section compétente et nommés par le Conseil.

11. — Les prix seront décernés par le Conseil sur le rapport des jurys.

12. — Toute décision du Conseil ou des sections relative aux prix sera prise au scrutin secret et à la majorité absolue des suffrages.

13. — La Société n'a l'obligation de publier aucun travail couronné ; les manuscrits de tous les travaux présentés au concours restent la propriété de la Société. En cas de publication, cent exemplaires seront remis gratuitement aux auteurs.

14. — Les résultats des concours seront proclamés et les médailles remises dans l'une des assemblées générales de la session de Pâques. Les rapports des jurys devront être remis au Conseil six semaines avant cette session. Le 1er octobre de l'année précédente est la date de rigueur pour l'envoi des mémoires au secrétariat.

15. — Pour être admis à demander un subside, il faut être membre de la Société depuis un an au moins.

16. — Le membre qui demandera un subside devra faire connaître par écrit le but précis de ses travaux, au moins d'une manière générale ; il sera tenu, dans les six mois de l'allocation du subside, de présenter au Conseil un rapport écrit sur les résultats de ses recherches, quel qu'en ait été le succès.

17. — Le Conseil, après avoir pris connaissance des diverses demandes de subsides, à l'effet d'en apprécier l'importance relative, statuera au scrutin secret.

18. — Les résultats des recherches favorisées par les subsides de la Société devront lui être présentés, pour être publiés dans les *Annales* s'il y a lieu.

Note. — Le tirage au sort, ordonné par l'article 3, a rangé les sections dans l'ordre suivant : 2e, 4e, 3e, 5e et 1re.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LES DIX PREMIERS VOLUMES.

I. QUESTIONS SCIENTIFIQUES

1. — Acheuléen et Moustérien, par M. **Adrien Arcelin**. . . . . VIII 416

2.— L'Alcoolisme, par le Dr **Lefebvre** . . . . . IX 497
Première partie : effets pernicieux des boissons alcooliques . . . . . IX 498
I Effets des boissons distillées. . . . . IX 500
II Effets des boissons fermentées . . . . . X 551

3. — L'Analyse microscopique des roches et les enclaves des minéraux, par le R. P. **Renard**, S. J. . . . . I 191

4. — L'Anthropologie, par M. **Adrien Arcelin** . . VI 412

5. — L'Art forestier français à l'Exposition universelle de 1878, par M. **Ch. de Kirwan**. . . .
Première partie. L'Art forestier en général. . IV 513
Deuxième partie Produits et résultats exposés IV 548
Troisième partie. Les documents. . . . . V 155

6. — L'Aveuglement scientifique, par le R. P. **Carbonnelle**, S. J.
I. Introduction . . . . . I 5
II. Le progrès . . . . . I 24
III. La physique moderne . . . . . I 512

IV. La théorie atomique . . . . . II 236
V. L'infini dans le temps et dans l'espace. La création . . . . . III 548
VI. Lois générales de l'univers. La Réversion. La Providence . . . . . IV 578
VII. Les actions vitales. . . . . V 234
VIII. Les forces volontaires. Les mouvements musculaires et les sensations . . . . . VI 196
IX. La différence essentielle entre l'homme et les animaux . . . . . VII 193
X. L'origine et la formation des organismes. VIII 150
IX. Résumé et conclusion. . . . . IX 135

7. — Le Bathybius. Histoire d'un Protoplasme, par M. **A. de Lapparent** . . . . . III 67

8. — Encore le Bathybius, par M. **A. de Lapparent**. . . . . VII 56

9. — Botanique géographique. — Quelques observations sur la méthode, par M. **Ch. Flahault** . VIII 57

10. — Les Caractères distinctifs de l'Animalité, par M. l'abbé **Hamard** . . . . . III 158

11. — Les Causes actuelles de l'esclavage en Éthiopie, par M. **Antoine d'Abbadie**. . . . . II 5

12. — Les Céréales, par M. **A. Proost** . . . . . IX 190

13. — La Cérébration inconsciente ou la doctrine de l'action réflexe cérébrale d'après M. Luys, par M. **E. Masoin** . . . . . I 68

14. — La Certitude en géologie, par M. **Ch. de la Vallée Poussin** . . . . . V 5

15. — Le Chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, par M. **A. de Lapparent** . . I 54

16. — La Chimie moderne et la théorie de l'unité de la matière et des forces, par M. **F. Roderburg**. X 5

17. — Le Chronomètre préhistorique de Saint-Nazaire, par M. **René Kerviler**. . . . . IX 22

18. — La Classification préhistorique des âges de la pierre, du bronze et du fer, par M. **Adrien Arcelin** . . . . . I 399

19. — Claude Bernard, ses découvertes et ses théories, par le R. P. **Hahn**, S. J. . . . . VII 71
I. Découvertes . . . . . VII 77
II. Théories . . . . . VII 443

20. — Le Climat de la Scandinavie, dans ses rapports avec la végétation, par M. **Ch. Flahault**. . . VII 353

21. — Comment s'est formé l'univers, par **Jean d'Estienne**. . . . . .
Première partie. La libre pensée et l'Écriture sainte . . . . . I 426
Deuxième partie. Moïse, Laplace et les géologues . . . . . II 31
Troisième partie. Les mammifères et l'homme. II 460
Quatrième et dernière partie. Résumé et conclusion . . . . . II 486

22. — La Compagnie de fertilisation et la crise économique, par M. **A. Proost** . . . . . VIII 505

23. — La Condamnation de Galilée et les publications récentes, par M. **Ph. Gilbert.**
Premier article. . . . . I 353
Deuxième article . . . . . II 129

24. — La Cosmographie des Grecs, par le Dr **Louis Delgeur** . . . . . I 250

25. — La Cosmogonie biblique d'après les Pères de l'Église. par M. l'abbé **F. Vigouroux** . . . . V 564
I. École d'Alexandrie . . . . . V 572
II. Les Écoles syriennes . . . . . V 585
III. Les Pères Cappadociens et leurs imitateurs VI 29
IV. Les Pères Latins . . . . . VI 54
V. Conclusions . . . . . VI 73

26. — Les Courants secondaires, par le R. P. **Van Tricht**, S. J. . . . . VI 83

27. — Le Couvert et la couverture du sol forestier, par M. **Ch. de Kirwan**. . . . . VII 393

28. — Le Crédit agricole en France, par M. le vicomte **d'Anthenaise** . . . . . VI 175

29. — Le Cycle vital de la matière, par M. **A. Proost**. VIII 5

30. — Le Daltonisme, par M. le Dr **Moeller** . . . V 450

31. — Le Darwinisme et l'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux, par M. l'abbé **A. Lecomte** . . . . . .
Premier article . . . . . III 75
Deuxième article . . . . . III 417
Troisième article . . . . . IV 136
Quatrième article . . . . . IV 434
Cinquième article . . . . . V 395
Sixième article . . . . . VI 540

32. — Le Déplacement de l'axe des pôles, par M. **de Lapparent**. . . . . II 510

33. — Un Discours de Léon XIII. . . . . VII 536

34. — Des Dispensaires de charité et de la Policlinique au point de vue social, par le Dr **E. Papillon**. III 400

35. — Sur la Distribution géographique des végétaux, par M. **Ch. Flahault**. . . . . IX 87

36. — La Doctrine des générations spontanées, par M. **A. Proost**. . . . . VI 502

37. — Les Documents ecclésiastiques relatifs à l'unité substantielle de la nature humaine. . . II 353

38. — Dolmens, Menhirs et Tumulus, par **Jean d'Estienne**. . . . . IV 57

39. — Dynamisme et atomisme, par M. l'abbé **de Broglie**. . . . . X 353

40. — L'Écorce grise du cerveau, par le Dr **Cuylits**. VII 495

41. — L'Église et la science, par le R. P. **De Smedt**, S. J. . . . . I 98

42. — Les Éloges historiques de M. Dumas, par M. **Ph. Gilbert**.
Premier article . . . . . II 576
Deuxième partie . . . . . III 45

43. — Études forestières. Sols, climats, altitudes, par M. **Ch. de Kirwan**. . . . . X 57

44. — De l'Empoisonnement par le plomb dans les fabriques de céruse, par le Dr **Desplats**. . . II 529

45. — L'Encyclique et la science, par le R. P. **Carbonnelle**, S. J. . . . . VI 353

46. — Une Entrée en campagne, par le R. P. **Carbonnelle**, S. J. . . . . III 225

47. — Les Étapes du règne végétal, par **Jean d'Estienne**. . . . . VI 454

Première partie. — Les phénomènes et les théories . . . . . VI 457

Deuxième partie.—Du Laurentien au Pliocène VII 113

48. — L'État de nature et les îles coralliennes, par M. **de Lapparent**. . . . . II 117

49. — L'Eucalyptus, la malaria et les chemins de fer italiens, par M. **Ch. de Kirwan**. . . . . X 519

50. — Les Explorations arctiques depuis un siècle, par le R. P. **Praile**, S. J. . . . . I 587

51. — Une Exposition forestière improvisée en Auvergne, par **Un ami des forêts**. . . . . VIII 466

52. — La Famille et l'hérédité naturelle, par M. **Adrien Arcelin**. . . . . II 392

53 — La Fibrille musculaire d'après de récents travaux, par le Dr **Surbled**. . . . . VIII 389

54. — La Figure du globe terrestre, par M. **de Lapparent** . . . . . IX 5

55. — La Géographie des anciens Égyptiens, par le Dr **Louis Delgeur**. . . . . VIII 539

56. — La Géologie, son histoire et sa méthode, par M. **de Lapparent**. . . . . IX 345

57. — Grenouilles et crapauds, par M. **Saint-George Mivart**. . . . . II 612

58. — Histoire de la doctrine de la restitution, par M. **A. Proost**. . . . . IV 33

59. — L'Histoire scientifique de la langue française, par M. **Ernest de Toytot**. . . . . VIII 555

60. — L'Homme tertiaire, par M. l'abbé **Hamard**. V 34
I. L'Homme miocène . . . . . V 36
II. L'Homme pliocène . . . . . V 361

61. — Les Inondations, par M. **A. de Lapparent** . IV 5

62. — L'Invention de la machine à vapeur, par M. **J.-B. André**.
Premier article . . . . . X 186
Deuxième article . . . . . X 439

63. — Leibniz et l'étude des sciences dans un monastère, par M. **Ch. Lamey**. . . . . II 85

64 — Léon Foucault, sa vie et son œuvre scientifique, par M. **Ph. Gilbert**.
Premier article . . . . . V 108
Deuxième article . . . . . V 516

65. — Léon XIII et la Société scientifique de Bruxelles, par le R. P. **Carbonnelle**, S. J. . . . V 353

66. — Des Localisations cérébrales, par le Dr **Henri Desplats**. . . . . IV 230

67. — La Lumière et l'humus en sylviculture, par M. **Ch. de Kirwan**. . . . . IX 98

68. — Le Magnétisme animal, par le Dr **Xavier Francotte** . . . . . X 413

69. — Le Mariage et l'hérédité normale et pathologique, par le Dr **Lefebvre**. . . . . III 5

70. — Les Mariages consanguins, par le Dr **Lefebvre** . . . . . I 240

71. — Métalloscopie et métallothérapie, par le Dr **Desplats** . . . . . IV 487

72. — La Méthode d'observation des faits sociaux, par le Dr **Jean de Raimbert**. . . . . VIII 83

73. — La Méthode scientifique d'observation et la question sociale en Occident, par M. **Ad. Focillon** . . . . . VI 234

74. — Michel Chasles, par M. **Ph. Gilbert**. . . . IX 517

75. — Les Mouvements chez les êtres organisés, par le R. P. **Hahn**, S. J. . . . . IX 42

76. — Les Mouvements moléculaires, par le R. P. **Thirion**, S. J. . . . . VII 5

77. — Les Naturalistes philosophes, par M. **A. Proost**.
Premier article . . . . . III 140
Deuxième article . . . . . III 466
Troisième article . . . . . V 76
Quatrième article. . . . . VI 157

78. — Les Organismes microscopiques de l'Océan et leur action en géologie, par le R. P. **Renard**, S. J. . . . . III 508

79. — L'Origine des inégalités de la surface du globe, par M. **A. de Lapparent**. . . . . VI 5

80. — Paléontologie et darwinisme, par M. **Ch. de la Vallée Poussin**. . . . . I 274

81. — Parasitisme et Transformisme, par M. **A. Proost** . . . . . X 120

82. — Le Père Secchi, par le R. P. **Van Tricht**. S. J. IV 353

83. — Phénomènes thermiques et électriques, par M. **Aimé Witz**. . . . . III 203

84. — La Place de l'homme dans la création, par M. l'abbé **Hamard** . . . . . IV 165

85. — Les Plantes carnivores, par le R.P. **Hahn**, S.J. II 214

86. — La Question de l'homme tertiaire, par M. l'abbé **Bourgeois**. . . . . II 561

87. — La Recherche des sources, par M. l'abbé **Boulangé**. . . . . VI 124

88. — Le Rôle de l'eau dans l'atmosphère, par M. **Aimé Witz**. . . . . IX 383

89. — Le Rouge de la rétine et les photographies par l'œil, par le Dr **E. Masoin**. . . . . III 118

90. — Les Satellites de Mars, par le R. P. Dom **Lamey**, O. S. B. . . . . VII 519

91. — Les Sépultures de l'âge du Renne de Solutré, par M. **Adrien Arcelin**. . . . . III 349

92. — Sic itur ad astra, par **Jean d'Estienne**. . . II 195

93. — Un Système sur les racines indo-européennes, par M. l'abbé **Wagner**. . . . . I 461

94. — La Température du corps humain et ses variations dans les maladies, par le Dr **Henri Desplats**. . . . . VIII 185

95. — La Température du soleil, par M. **Aimé Witz**. . . . . VII 229

96. — Les Théories du déluge, par **Jean d'Estienne**.
Premier article. . . . . IX 415
Deuxième article . . . . . X 149
Troisième article . . . . . X 474

97. —La Théorie du sommeil physiologique d'après M. Preyer (d'Iéna), par le Dr **Moeller**. . . . . III 486

98. — Thermochimie et mécanique chimique, par M. **Aimé Witz** . . . . . IV 403

99. — La Traite des noirs en Afrique, par le Chcr **de Moreau d'Andoy** . . . . . I 562

100. — Transmission de la force motrice à distance, par M. **Aimé Witz**. . . . . VIII 353

101. — Les Travaux à l'air comprimé, par le Dr **Moeller**. . . . . IX 450

102. —Les Travaux de Hell Gate I. M. **Ch. Lagasse**, ingénieur des Ponts et Chaussées. II. Le Général **Newton**. . . . . II 274

II. — BIBLIOGRAPHIE.

103.—L'Alimentation des animaux domestiques, par le Dr Wolff, **M. A. Proost.** I, 340.

104. — Annuaire du Bureau des longitudes pour 1879. **J. d'E.** V, 611.

105. — Annuaire du Bureau des longitudes pour 1880. VII, 562.

106. — Annuaire du Bureau des longitudes pour 1881. **J. d'E.** IX, 591.

107. – Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour 1879. **J. d'E.** VI, 289.

108.—Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1880.

— Le même pour 1881. **J. d'E.** IX, 615.

109.—Apuntes relativos á los huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de 1875 y 1876, por el Rdo. P. Benito Viñes, S. J. **R. P. Thirion,** S. J. VI, 281.

110.—Archéologie celtique et gauloise, par Alexandre Bertrand. **M. C. de la Vallée Poussin.** I, 653.

111. — L'Astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique, par C. André et A. Angot. Troisième partie : États-Unis d'Amérique. **M. Clément Dusausoy.** III, 286.

112.—L'Astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique, par C. André, P. Rayet et A. Angot.—Cinquième partie : Observatoires d'Italie, par P. Rayet. **M. Ph. Gilbert.** IV, 294.

113.— Axonometria ó perspectiva axonométrica, por D. Ed. Torroja. **J. T.** VI, 629.

114. — Bibliographie générale de l'Astronomie, par J. C. Houzeau et A. Lancaster. **J. T.** — Premier article X. 231. Deuxième article X, 590.

115. — Bulletino de Bibliografia e di Storia delle scienze matematiche e fisiche, pubblicato da B. Boncompagni, **M. Ph. Gilbert.** II, 304.

116.—Cartes du temps et avertissements des tempêtes, par Robert H. Scott. **J. D'E.** VI, 294.

117. – L'île de Chypre, par L. de Mas-Latrie. **J. d'E.** VI, 298.

118.— Claude Bernard et Le Verrier, discours de M. Dumas, III, 617.

119.— Le Ciel, par Amédée Guillemin. — Cinquième édition. **J. d'E.** II, 673.

120. — La Constitution intérieure de la terre, par M. R. Radau. **J. D'E.** IX, 624.

121.— Cours d'astronomie nautique par H. Faye. **Ph. G.** VIII, 229.

122.—Cours de Botanique fossile, fait au Muséum d'Histoire naturelle, par M. B. Renault. **C. K.** X, 600.

123. — Cours de calcul infinitésimal, par J. Hoüel, tome Ier, **M. P. Mansion.** VIII, 594.

124.—Cours de géométrie descriptive, par A. Mannheim. **Ph. G.** VIII, 222.

125.—Cours de mécanique analytique, par Ph. Gilbert, **E. G.** I, 661.

126.—Le Darwinisme, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette théorie, par Édouard de Hartmann. **R. P. Van Tricht**, S. J. II, 292.

127. — Distribution géographique des mousses de France, par M. l'abbé Boulay, **M. C. Flahault.** VII, 598.

128.—L'Espèce humaine, par A. de Quatrefages, **R. P. Van Tricht.** S. J. II, 635.

129. — Essai sur l'effet thermique des parois d'une enceinte sur les gaz qu'elle renferme, par M. Aimé Witz. **M. J. Chautard.** V. 287.

130.—Les Étoiles, essai d'astronomie sidérale, par le P. A. Secchi. **J. d'E.** VI, 596.

131.— Études critiques d'Archéologie préhistorique, par l'abbé Hamard. **J. d'E.** VIII, 259.

132.— Études historiques et critiques sur le rationalisme contemporain, par H. de Valroger. **R. P. Daniel**, S. J. III, 613.

133. — Les Études naturelles et la Bible, par le Dr Carl Güttler. Premier article. **M. l'abbé de Foville.** VII, 582.

134.—Les Études naturelles et la Bible, par Carl Güttler. Deuxième article. **M. l'abbé de Foville.** VIII, 235.

135.—Études synthétiques de géologie expérimentale, par M. Daubrée, **M. A. de Lapparent.** VIII, 583.

136.—L'Évolution du règne végétal, par G. de Saporta et A. F. Marion. **C. K.** X, 592.

137. —Explication de la Carte géologique des deux cantons (nord et sud) de Mâcon, par Adrien Arcelin. **M. C. de la Vallée Poussin.** X, 581.

138. — Les Explosions du grisou dans les houillères. Rapport de M. Haton de la Goupillère. **R. P. Van Tricht.** S. J. IX, 238.

139.—Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France, par M. Cyrille Grand'Eury. **M. l'abbé Boulay.** III, 248.

140.—Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France, par M. Cyrille Grand'Eury (2e partie). **M. l'abbé Boulay.** III, 621.

141.—Fouilles faites à Carnac, par M. James Miln. **M. l'abbé Hamard.** V, 620.

142.—Géodosie d'Éthiopie, par Antoine d'Abbadie. **M. Ph. Gilbert.** I, 319.

143.— Géologie et révélation, par le Rév. Gérard Molloy, traduit par l'abbé Hamard. Deuxième édition. **J. d'E.** II, 667.

144.—Geschichte der Astronomie, Galileo Galilei (R. Wolf). **M. Ph. Gilbert.** VII, 255.

145.— Le Gisement préhistorique du Mont-Dol, par l'abbé Hamard. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** I, 653.

146. — Guide du forestier, par A. Bouquet de la Grye. **M. Ch. de Kirwan.** VII, 291.

147. — Harmonía entre la ciencia y la fe, por el P. Miguel Mir. S.J. **R.P. Carbonnelle S.J.** X. 244.

148. — Les Harmonies du son et l'histoire des instruments de musique, par J. Rambosson, lauréat de l'Institut de France, officier de l'instruction publique. **J.-d'E.** IV, 639.

149.— Un Jugement de M. A. Winnecke sur l'ouvrage *Les Étoiles* du P. A. Secchi, **R. P. Ferrari,** S. J. VII, 568.

150. —Leçons sur la philosophie chimique professées au Collège de France en 1836, par M. Dumas, recueillies par M. Bineau ; deuxième édition. **J.-d'E.** IV, 625.

151. — La Lèpre est contagieuse, par un missionnaire attaché aux léproseries. **M. le Dr Mœller.** VI, 287.

152. — Les Malheurs de la philosophie, par le P. de Bonniot, S. J. **J. Thirion,** S. J. V, 630.

153.—Manuel biblique, par F. Vigouroux. **M. Emm. Cosquin.** VII, 276.

154. — Manuel de chimie opératoire, par Fr. Dewalque. **M. G. Bruylants.** V, 636.

155. — La Météorologie appliquée à la prévision du temps, par M. E. Mascart. **J.-d'E.** IX, 621.

156. — Monographie géologique des anciens glaciers, etc., par MM. Falsan et E. Chantre, **M. Adrien Arcelin.** IX, 225.

157. — Les Montagnes, par Albert Dupaigne. **J. Thirion,** S. J. V, 295.

158.—Nuovi documenti inediti del Processo di Galileo Galilei (A. Wolynski) **M. Ph. Gilbert.** VII, 255.

159. —Der Original Wortlaut der päpstlichen Urtheils gegen Galilei (E. Wohlwill). **M. Ph. Gilbert.** VII, 255.

160. — Le Pays de Bray, par A. de Lapparent. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** VII, 548.

161.—La Photographie et ses applications scientifiques, par M. R. Radau. **M. Paul Nève.** VI, 303.

162.— Photographie par émulsion sèche au bromure d'argent pur, par Alfred Chardon. **D. W.** III, 292.

163. — Les Premiers hommes et les temps préhistoriques, par le

marquis de Nadaillac. **M. l'abbé Hamard.** Premier volume. IX, 259.
Deuxième volume. IX, 603.

164. — Programa de las Lecciones de Matematicas, etc., por el Dr. D. Antonio Suarez y Rodriguez **M. P. Mansion.** VIII, 588.

165. — Principales publications du P. Secchi. IV, 643.

166. — Publications récentes sur Galilée. **M. Ph. Gilbert.** Premier article. III, 274.
Deuxième article. III, 589.

167. — Rapport de M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation et de machines à l'École des mines, à la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou. **M. E. Vandenpeereboom.** IV, 280.

168. — La Religion en face de la science. Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes, par l'abbé Alexis Arduin, professeur, docteur en théologie. 1re partie : Cosmogonie. **J.-d'E.** IV, 635.

169. — La Religion en face de la science. Leçons sur l'accord entre les données de la révélation biblique et les théories scientifiques modernes, par l'abbé Alexis Arduin. 2e partie : Géologie et géogénie. **J.-d'E.** VI, 614.

170. — La Religion en face de la science. — Cosmogonie (Troisième édition), par l'abbé Alexis Arduin. **J. d'E.** Premier article. X, 237.
Deuxième article. X, 608.

171. — Report on the meteorology of Kerguelen Island, by Rev. S. J. Perry, S. J. **J. T.** VIII, 605.

172. — Le Révérend Père Secchi, par l'abbé Moigno. **Ph. G.** V, 637.

173. — Les Roches plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française, par MM. de la Vallée Poussin et Renard. **Fr. D. W.** I, 334.

174. — Die Römischen Congregationsdecrete in der Angelegenheit des Copernicanischen Systems historisch und theologisch erörtert. (H. Grisar, S. J.) **M. Ph. Gilbert.** VII, 255.

175. — Schöpfungsgeschichte mit besonderer Berücksichtigung des biblischen Schöpfungsberichtes. Zweite Auflage. (Dr Friedrich Pfaff). **M. Ch. de la Vallée Poussin.** III, 262.

176. — Le Soleil, par le P. A. Secchi. S. J. **M. Ph. Gilbert.** I. 642.

177. — La Spectroscopie, par A. Cazin. **Ph. G.** V, 292.

178. — Les Splendeurs de la foi, par l'abbé Moigno. VII, 303.

179. — Système silurien de la Bohême, par J. Barrande, **M. Ch. de la Vallée Poussin.** III, 262.

180. — Système silurien du centre de la Bohême, par J. Barrande, **M. Ch. de la Vallée Poussin.** VII, 297.

181. — Tableaux synoptiques pour la recherche des bases et des

acides, par F. Dewalque. **M. G. Bruylants.** V, 636.

182. — La Théorie atomique, par M. A. Wurtz, membre de l'Institut. **Dr Rapin.** V, 601.

183. — Traité d'arithmétique élémentaire, par l'abbé Gelin. **P. M.** X, 585.

184. — Traité de géologie, par A. de Lapparent. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** X, 575.

185. — Traité de l'ostéologie et de la myologie du Vespertilio Murinus, par M. Paul Maisonneuve. **M. Edmond Alix.** VI, 625.

186. — Traité pratique de chimie et de géologie agricoles, par M. Stanislas Meunier. **C. K.** X. 224.

187. — Le Traitement des bois en France, par M. Ch. Boilliard. **C. K.** X, 226.

188. — Le Typhon du 31 juillet 1879, par le P. Marc Dechevrens, S. J. **R. P. Thirion,** S. J. VIII, 270.

189. — Les Volcans et les tremblements de terre, par K. Fuchs, **J. d'E.** VII, 554.

190. — M. Wohlwill et le rigoureux examen. **M. Ph. Gilbert.** IX, 220.

191. — Zoologie élémentaire, par Félix Plateau. **R. P. Van Tricht,** S. J. IX, 627.

III. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE.

192. — Le chronomètre préhistorique du bassin de Penhouët, à Saint-Nazaire. — La généalogie de l'homme d'après M. Hæckel et le placenta des Lémuriens. **M. Adrien Arcelin.** III, 654.

193. — Archives du musée national de Rio de Janeiro. — L'âge de pierre dans les souvenirs et superstitions populaires. — L'âge du bronze. Origine de la métallurgie en Europe. **Id.** IV, 314.

194. — Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique. **Id.** IV, 690.

195. — De l'influence des variations de la pression atmosphérique sur l'évolution organique. — Instructions pour l'île de Madagascar. — Crânes aryens. — Les pierres à écuelles. — La

Société d'autopsie mutuelle. **Id.** V, 309.

196. — Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme. **Id.** VI, 319.

197 — Variation de volume du cerveau et de la tête. — Les races nobles de l'Aveyron. **Id.** VII, 323.

198. — La classification archéologique appliquée à l'époque quaternaire. **Id.** VII, 605.

199. — L'homme pliocène en Californie; le crâne de Calaveras. **Id.** VIII, 279.

200. — La vie moyenne et la vie normale. — Sur la capacité du crâne d'un certain nombre d'hommes célèbres. — La génération au point de vue chronologique. — Sur cinq crânes d'Hakkas et les origines chinoises. — Les bronzes Porno et les bas-reliefs de Meydonn. — Localisations cérébrales sur le cerveau d'un ectromélien. — Silex taillés et emmanchés de l'époque mérovingienne — Statistique du suicide. — Les terrains post-tertiaires et l'ancienneté de l'homme dans la péninsule indienne. — La grotte du Placard, près de Rochebertier (Charente). **Id.** VIII, 609.

201. — L'homme tertiaire au congrès de Lisbonne. **Id.** IX, 314.

202. — L'homme tertiaire. — Les haches à tête de la Bretagne et du Bocage. — Classification et chronologie des haches de bronze. — La Préhistoire en Syrie. — Existence d'un âge de bronze dans la Russie méridionale, spécialement au Caucase. — Les nécropoles du premier âge du fer du Caucase. **Id.** IX, 633.

203. — Sur les dépôts quaternaires dans la vallée de la Seugne. — Sur quelques explorations aux carrières de Chelles. — Les sépultures de Solutré. — Les squelettes de Bolwiller. **Id.** X, 248.

204. — Recherches ethnographiques dans le Mackensie. — Les âges de la pierre au Sahara central. — Importation de la néphrite et du bronze. — Emploi de la Callaïs dans l'Europe occidentale pendant les temps préhistoriques. — Crâne trépané de l'époque néolithique. — Musée préhistorique. **Id.** X, 613.

ASTRONOMIE.

205. — La découverte d'une planète intra-mercurielle, **R. P. Van Trieht** S. J. IV, 669.

206. — Accélération séculaire du mouvement de la lune. — Les satellites de Mars. — Les spectres photographiques des étoiles. — Taches et protubérances solaires. — La température du soleil. — La méridienne de France. — Détermination de la longitude d'Alger. — Annuaire du Bureau des longitudes pour 1880. — Ciel et Terre. **R. P. Thirion**, S. J. VII, 633.

207. — Le mètre naturel. — Les taches solaires. — La tache rouge de Jupiter. — Période de la rotation de Jupiter. — Le buste du P. Secchi. **Id.** VIII, 289.

208. — Photographie du soleil. — Photographie de la chromosphère. — Distance apparente de la Lune. — La croûte terrestre. — La lumière zodiacale. **Id.** VIII, 621.

209. — Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles. **Id.** IX, 274.

210. — La parallaxe du soleil. — La matière solaire. — La matière des nébuleuses. **Id.** IX, 677.

211. — La grande comète de 1881. — La parallaxe solaire déduite des photographies américaines du passage de Vénus en 1874. — La planète Mars et ses satellites. — Le microphone dans les observatoires. — L'observatoire de Nice. **Id.** X, 327.

212. — Les queues des comètes. — Le spectre des comètes. **Id.** X, 621.

BOTANIQUE.

213. — De l'influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des végétaux. — Les plus anciens végétaux terrestres fossiles. — L'ovule et le sac embryonnaire des phanérogames angiospermes. **M. Ch. Flahault.** VI, 309.

214. — Les nectaires. **Id.** VI, 659.

215. — Les recherches récentes sur la matière verte des végétaux. **Id.** VII, 320.

216. — L'OEcidium abietinum. — Le laboratoire de Carlsberg, près de Copenhague. **Id.** IX, 293.

217. — Le développement de l'embryon végétal. **Id.** X, 277.

GÉNIE CIVIL.

218. — La statistique graphique. — Album de statistique graphique de 1879, publié par le ministère des travaux publics (de France).—Atlas des cours d'eau, usines, irrigations, publié par le ministère des travaux publics. — Bulletin du ministère des travaux publics. **M.C.Lagasse.** VII, 652.

219. — Bulletin du ministère des travaux publics. — Le canal interocéanique de l'isthme de Panama. **Id.** VIII, 643.

220. — Album de statistique graphique de 1880, publié par le ministère des travaux publics (de France). — Documents statistiques, publiés par le ministère des travaux publics (de Belgique). — Rapport présenté au ministère des travaux publics (de France) sur les moyens de prévenir les accidents de chemins de fer. — Le canal interocéanique de l'isthme de Panama. **Id.** X, 338.

GÉOGRAPHIE.

221. — Juillet 1877. **M. Louis Delgeur.** II, 310.

222.—Janvier 1879, **Id.** V, 319.

223.—Avril 1879, **Id.** V, 677.

224.—Juillet 1879, **Id.** VI, 325.

225.—Octobre 1879, **Id.** VI, 647.

226.—Janvier 1880, **Id.** VII, 339.

227.—Avril 1880, **Id.** VII, 681.

228.—Juillet 1880, **Id.** VIII, 336.

229.—Octobre 1880, **Id.** VIII, 659.

330.—Janvier 1881, **Id.** IX, 326.

231.—Avril 1881, **Id.** IX, 652.

232.—Juillet 1881, **Id.** X, 303.

233.—Octobre 1881, **Id.** X, 635.

GÉOLOGIE.

234. — Étude microscopique des sables et des argiles. — Les psammites du Condroz de la vallée de la Meuse. — Distribution des produits volcaniques au fond des mers. **R.P.Renard.** S. J. I, 686.

235. — Un chronomètre préhisto-

rique. —Cailloux roulés de basalte dans le diluvium de Leipzig. — Roches volcaniques du district de Schemnitz en Hongrie. — Schistes verts de l'Erzgebirge. — Fossiles du poudingue de Burnot et du terrain cambrien des Ardennes. — Les roches volcaniques de Nossi-Bé. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** II, 344.

236. — Sur l'âge de quelques couches taunusiennes. — Fouilles dans les cavernes de Creswell Crags. — Microstructure de la Lherzolite de l'Ariège. — Sur la constitution géologique de Sumatra. **R. P. Renard.** S. J. II, 696.

237. — Apparition et succession des vertébrés en Amérique. — Intercalations cristallines dans les terrains de sédiment. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** III, 686.

238. — Parallélisme fossilifère des terrains dévoniens d'Amérique et d'Europe. — Le Cotopaxi et sa dernière éruption du 26 juin 1877, d'après le Dr Th. Wolff. **Id.** IV, 322.

239. — De l'origine des roches cristallines. **R. P. Renard.** S. J. V. 347.

240. Microlithes des phyllades et des schistes cristallins. — Le continent européen durant les périodes géologiques. — Découverte d'iguanodons, de poissons et de végétaux fossiles à Bernissart. **Id.** Résultats géologiques de l'expédition polaire du capitaine Nares. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** VI, 672.

HYGIÈNE.

241. — Maladies et accidents occasionnés par la bière de Bavière. — Les sels de cuivre et les conserves alimentaires. — De l'emploi du zinc dans les ustensiles de cuisine. **Dr A. Dumont.** II, 689.

242. — Allaitement maternel. — Ses indications et ses contre-indications. — Allaitement artificiel. — Influence de l'exercice sur les fonctions digestives. — Application de la gymnastique aux tempéraments. — De la gymnastique comme méthode thérapeutique. — Application de la gymnastique au traitement des difformités de la colonne vertébrale. — Contre-indications générales des exercices du corps. **Id.** III, 339.

243. — Du bain froid dans la fièvre. — De la diphtérie à Paris. — De l'alimentation des enfants. — Action de l'eau sur la peau saine. — Conservation des viandes par la réfrigération. — Poussières irritantes et phtisie pulmonaire. — Nourrices et nour-

rissons syphilitiques. — Quand faut-il lier le cordon ombilical ? — Le nouvel antiseptique. — Le lait des vaches phtisiques au point de vue de la transmission de la tuberculose. **Id.** III, 661.

244. Du choix de l'eau potable. — Distribution géographique de la phtisie pulmonaire. — Sur le climat d'Alger. — Quelques conseils d'hygiène oculaire. Verres colorés. **Id.** IV, 340.

245. — Quels sont les moyens de diminuer les dangers qu'offrent les substances minérales toxiques, mercure, plomb, arsenic, pour les travailleurs des différentes industries ? — Substitution de substances inoffensives aux substances toxiques. — De l'influence des maladies sur les viandes au point de vue de l'alimentation. **Id.** IV, 681.

246. — De l'altération des cours d'eau par les produits industriels et par les eaux d'égout. — Influence hygiénique des irrigations à l'eau d'égout. — Les vins fuchsinés sont-ils dangereux ? **Id.** V, 336.

247. — Hygiène des nourrissons pendant les premiers mois. — De la conservation des viandes par le borax. — L'air marin convient-il aux tuberculeux ? — De l'alimentation des tuberculeux. — Hygiène de la lecture. **Id.** V, 664.

248. — Influence de l'habitude du tabac sur l'action des médicaments. — Empoisonnement par l'application du tabac à l'extérieur. — Expériences faites à Chicago sur les trichines. — Quelques cas d'intoxication saturnine. — Distribution géographique de quelques affections en Angleterre. — Examen d'une eau douce contaminée par des matières organiques insalubres. — De l'hygiène de l'estomac. **Id.** VI, 689.

249. — Intermittence des battements du cœur due au tabac. — Les ferments digestifs et leur mode d'administration. — Propagation de la fièvre typhoïde par le lait. — Voie d'absorption du plomb dans l'intoxication saturnine. — Du choix des stations hivernales dans les maladies du cœur. — Un nouveau procédé d'analyser le lait. — Des falsifications du lait. — Des relations de l'ozone avec l'état sanitaire. — Régime alimentaire des écoliers dans les établissements militaires en Russie. — Fièvre typhoïde attribuée à l'ingestion de viande altérée. **Id.** VII, 345.

250. — Valeur alimentaire du bouillon. — De l'alimentation par le rectum. — De la préparation des peptones. — De l'influence du tabac sur la grossesse et la lactation. **Id.** VII, 687.

251. — Conditions que doit réunir une école au point de vue de l'hygiène. — Désinfection par le chlore et l'acide sulfureux. — L'oxyde de carbone contenu dans la fumée du tabac peut-il

être dangereux ? **Id.** VIII, 329.

252. — Dangers du poêle mobile américain.— Traitement hygiénique des calculs biliaires.— Dangers des grands hôpitaux pour les malades. — Sur la mortalité des nouveau-nés. — De la ventilation dans les houillères. — Vaccine et variole. **Id.** VIII, 682.

253. — Influence des peptones sur la santé des nourrices et des nourrissons.— De la carie dentaire dans le cours de la grossesse. — Faut-il attribuer la pellagre exclusivement à l'usage du maïs? — Les furoncles sont-ils contagieux ? — Le chauffage des habitations. — Des bains de mer chez les enfants.— Substitution de la margarine au beurre. — Y a-t-il une anémie propre aux mineurs ? — Pouvoir alimentaire du lait. **Id.** IX, 331.

254.— Des moyens de prévenir le développement de la trichinose. — Du pouvoir absorbant des tissus ; leur rôle dans les affections contagieuses. — Y a-t-il danger à vacciner et à revacciner en temps d'épidémie ? — De l'alimentation du nouveau-né. **Id.** IX, 671.

255. — Poids du nourrisson pendant la première année. — Propriétés antiseptiques de l'éther vitreux.— Sevrage de l'enfant. — Altérations du lait dans les biberons. - Les vaccinations charbonneuses. — Utilité des sels de chaux dans l'alimentation. — Traitement préventif de l'infection paludéenne.— La diphtérie et son traitement. — De la transmission de la fièvre typhoïde par l'eau potable. **Id.** X, 315.

256. — Indications des bains de mer. — Contre-indications des bains de mer. — Nouvelles expériences à propos de la rage. — Innocuité du lait des nourrices syphilitiques. — Transformation de l'alcool dans l'organisme. **Id.** X, 643.

MINÉRALOGIE.

257. — Les masses de fer de Blayfeld. — Cristaux d'enstatite de Kjörrestad.— Réactions microchimiques de l'apatite et de la néphéline. — Formation contemporaine de zéolithes sous l'influence des eaux thermales. **R. P. Renard** S. J. I. 671.

258. — Explication de certaines anomalies optiques des substances cristallisées. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** II, 325.

PALÉONTOLOGIE.

259 — Batraciens de la formation carbonifère en Amérique. — Caractères des ptérodactyles américains. — Les fossiles paléozoïques de la Nouvelle-Galle du Sud. **R. P. Renard** S. J. I, 679.

PHYSIOLOGIE.

260. — Le tétanos induit-il toujours le tétanos ? — Charbon et septicémie. — Histoire des globules rouges du sang. — Membrane des globules rouges. — Indépendance histologique du muscle et du tendon. — Variations électriques des plantes à la suite d'excitations mécaniques. **R. P. Hahn** S. J. III, 328.

261. — Séparation du fibrinogène et de la paraglobuline dans le plasma sanguin. — Stérilisation des bactéries par l'application discontinue de la chaleur. — Quantité de chaleur développée par le muscle en activité. — Influence des températures élevées sur l'économie animale. — Absorption cutanée chez la grenouille. **Id.** III, 675.

262 — Comment le charbon détermine la mort. — Comment se forment les monstruosités. **Id.** IV, 347.

263. — Courant propre des muscles. — Sens de l'espace. **Id.** V, 653.

264. — Rôle des organismes vivants dans les fermentations proprement dites. — Discussion entre M. Berthelot et M. Pasteur. **Id.** VI, 638.

265. — Psychophysique. **Id.** VII, 661.

266. — Absorption des graisses. — Les modifications des cellules glandulaires durant les diverses phases de la sécrétion. — Atrophie héréditaire de la rate chez le lapin. **Id.** X, 255.

PHYSIQUE.

267. — Les mouvements du radiomètre : quelques expériences nouvelles. — Emploi des voiles d'or dans les instruments d'optique. — Durée de l'étincelle électrique — Mouvements divers de la colonne aérienne dans les tuyaux sonores. **R. P. Delsaulx**. S. J. I, 664.

268. — Optomètre métrique du Dr Badal. — Radiomètre. — Formation des orages d'après M. Faye. — Origine thermique des mouvements browniens. — Les perturbations météorologiques et les variations magnétiques. **Id.** II, 312.

269. — Etat sphéroïdal des liquides. — Compressibilité des liquides. — Mécanisme de la vision. **R.P. Van Tricht**, [illegible] II, 680.

270. — Actinométrie. — Le téléphone. **Id.** III, 295.

271. — Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1878. — Annuaire de l'observatoire royal de Bruxelles. — Annuaire de l'observatoire de Montsouris. — Mouvements giratoires de l'atmosphère. Théorie de M. Faye. — Liquéfaction des derniers gaz permanents. **Id.** III, 634.

272. — Téléphone. — Téléphone à courants voltaïques. — Introduction dans le circuit téléphonique d'une bobine inductive de Ruhmkorff. — Téléphone de MM. Navez père et fils. — Microphone de Hughes. — Phonographe d'Edison. — Décharge électrique dans les gaz raréfiés. — Les couleurs complémentaires. — Taches du soleil et magnétisme. **Id.** IV, 300.

273. — Le microtasimètre d'Edison. — Rhéostat d'Edison. — Gyroscope électro-magnétique de M. G. Hopkins **Id.** IV, 666.

274. — Recherche de la profondeur à laquelle se transmet l'agitation produite à la surface de la mer. — Inversion du magnétisme dans les barreaux aimantés soumis à des températures élevées. — Liquide destiné aux expériences de M. Plateau. — Métaux présents dans le spectre solaire. — Sur la mesure de la vitesse du son. **Id.** V, 320.

275. — Déplacement des raies spectrales dû au mouvement de rotation du soleil. — Règle géodésique internationale. — Régulateurs électriques. — Givre et verglas. — Nouvelles recherches sur la compressibilité des gaz. **Id.** V, 639.

276. — La lumière électrique. — Phonéidoscope de Sedley Taylor. — Le logographe de Barlow. — Inscription électrique de la pa-

role. — Tracés photographiques de la parole. — Téléphone. Différence de phase entre l'expéditeur et le récepteur. — Traitement du fer pour le préserver de l'oxydation. **Id.** VI, 309.

277. — De l'existence de l'oxygène dans le soleil, par Henry Draper. — Sur la température du soleil. **Id.** VI, 631.

278. — La machine rhéostatique de Gaston Planté. — Support isolateur de M. Mascart. — Électroscope de M. Guérout. — — Hygromètre de M. Th. Edelmann. — Sur la température des extrémités polaires des charbons qui produisent la lumière électrique, par M. Rossetti. — Galvanomètre et magnétomètre de C. Hopkins. — Les orages en Belgique durant l'année 1878. — La tache rouge de Jupiter. Photographie de la planète par M. De Boë. Observations du professeur Lohse. — Recherches sur la scintillation. — La transmission de la force motrice par l'intermédiaire de l'électricité. **Id.** VII, 305.

279. — Théories d'Arago et de Montigny sur la scintillation des étoiles. — Scintillomètres d'Arago et de Montigny. — Recherches de M. Montigny sur la scintillation des étoiles. — Téléphone Gower. — La lampe d'Edison. — Aréomètre de M. Buignet pour la densité des corps solides. — Densimètre de M. E. Pâquet pour les solides. — La nouvelle pile de M. A. Niaudet. — Recherches de MM. Macé et Nicati sur le daltonisme. **Id.** VIII, 298.

280. — La lampe-soleil et les usines électriques. — Le photophone Graham Bell. — Le chemin de fer électrique de Berlin. **Id.** VIII, 672.

281. — Contributions aux expériences de Crookes. — La vraie nature des indications barométriques. — Sur le mouvement des glaciers. — La balance d'induction et le sonomètre électrique de M. Hughes. — Indicateur des vitesses de M. Napier (Showspeed). — De l'influence des vibrations sonores sur la stabilité des composés chimiques. — La bobine d'induction de la Société royale de Londres. **Id.** IX, 317.

282. — Le pantéléphone de Locht. — Radiophone et photophone. — Le Cymographe, appareil avertisseur des inondations. — Sur le psychromètre d'August. **Id.** IX, 639.

283. — L'accumulateur Faure. — Modification du circuit induit dans les bobines de Ruhmkorff. **Id.** X, 308.

SCIENCES AGRICOLES.

284.— Le parasitisme végétal.— Irrigation des campagnes par les eaux d'égout. — Deux nouvelles plantes fourragères. — Ensilage. **M. A. Proost**, II, 331.

285. — La chimie biologique et l'agriculture. — Culture de la betterave. — Élaboration du sucre. — Les graines originaires des hautes latitudes. **Id.** III, 322.

286. — Fixation de l'azote. **Id.** III, 647.

287. — Les stations agricoles. — La culture de la betterave et les engrais chimiques. **Id.** V, 341.

288. — Agriculture américaine. V, 685.

289. — Rendement de la récolte de 1879. Statistique. — Fixation de l'azote. — Engrais chimiques. — Analyse et composition du maïs. **Id.** VII, 335.

290. — L'acide phosphorique et la sélection de la betterave. — Sélection des céréales. **Id.** VIII, 633.

291. Utilisation des eaux d'égout. — Culture de la betterave. **Id.** X, 283.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

292. — Les nouveaux bassins houillers ; le bassin de Puertollano. — Le grisou. — Machines d'épuisement des usines du Mansfeld. — Explosions de chaudières ; soupape préservatrice ; désincrustation. — Utilisation de la chaleur solaire. — État actuel de la métallurgie de l'acier. — Traitement des minerais de cuivre. — Nickelage. — Distillation et rectification des alcools. — Préparation artificielle de l'indigotine. **M. J. B. André**, IX, 657.

293. — Chaudière à fourneau siphoïde de E. Tomson. — Le procédé Thomas-Gilchrist et l'exploitation des minerais riches. — Production directe du fer et de l'acier. — Extension de l'emploi du fer. — Affinage des résidus pauvres de plombs argentifères. — Les huiles minérales. — Le celluloïd. — Reproduction autographique de l'écriture. **Id.** X, 293.

294. — La tourbe, son exploitation industrielle dans le nord de la France. — Les mines métalli-

ques de l'Océanie. — Préparation mécanique des minerais. — Explosions de chaudières. — Industrie du gaz. — Déphosphoration des fontes. — Traitement des minerais de soufre. — Traitement des minerais aurifères. — Fabrication industrielle de l'oxygène. **Id.** X, 648

THÉRAPEUTIQUE.

295.— La thérapeutique jugée par les chiffres. — La métallothérapie. Pilocarpine et Atropine. **Dr Moeller**, III, 310.

296. — Du traitement de la goutte. — Du traitement de l'asthme par l'iodure de potassium et l'iodure d'éthyle. — Des injections hypodermiques. — De la vaseline. **Id.** III, 668.

297. — Iodure d'éthyle. — Traitement de la coqueluche par la teinture de drosera.— Du mode d'action des hypnotiques — Sur les effets diffusés des injections hypodermiques de chloroforme — Des injections hypodermiques de chloroforme contre les névralgies. — Un nouveau mydriatique. — Du traitement de l'érysipèle à la clinique chirurgicale de Greisswald. — Des injections intraveineuses de lait au lieu de la transfusion du sang. — De l'action du magnétisme et de l'électricité statique sur l'hémianesthésie hystérique. **Id.** IV, 334.

298. — Recherches expérimentales sur l'action de l'arsenic sur l'organisme — Du pansement de Lister. — Les indications des eaux minérales dans les maladies chroniques et leurs actions thérapeutiques. **Id.** IV, 676.

299. —Traitement de la diphtérie. —Du traitement local des maladies de l'estomac. — Traitement des nœvus par l'application externe d'éthylate de sodium. — Du nitrite d'amyle. **Id.** V, 670.

300 — De la présence d'organismes inférieurs dans les pansements antiseptiques. — Du traitement de la chorée. **Id.** VI,683.

301.— Un nouveau remède contre la phtisie pulmonaire. **Id.** VII, 642.

302. — Thermomètres et thermographes médicaux. — Métallothérapie et xylothérapie. **Id.** IX, 304.

303. — De l'emploi du gaz ammoniac dans quelques maladies de poitrine. — De la papaïne comme dissolvant des fausses membranes de la diphtérie et du croup. **Id.** X, 322.

IV. — MÉLANGES & NOTES.

—

304. — La Société scientifique de Bruxelles. I, 346.

305. — Statuts, I, 350.

306. — Statuts (modifiés dans l'Assemblée générale du 25 octobre 1877), III, 346.

307. — Fragments inédits de Pascal. V, 693.

308. — Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris, janvier-juin 1880. **P. M.** VIII, 340.

309. — Comptes rendus etc., juillet, août, septembre 1880. **Id.** VIII, 690.

310. — Comptes rendus etc., octobre, novembre, décembre 1880. **Id.** IX, 341.

311. — Comptes rendus etc., janvier, février, mars 1881. **Id.** IX, 686.

312. — Comptes rendus etc., avril, mai, juin 1881. **Id.** X, 346.

313. — Comptes rendus etc., juillet, août, septembre 1881. **Id.** X, 659.

314. — Bibliographie, Mathématiques. X, 663.

315. — Société scientifique de Bruxelles. Règlement arrêté par le Conseil pour l'encouragement des recherches scientifiques. X, 665.

LISTE ALPHABÉTIQUE

des auteurs et des personnes citées dans la table.

Abbadie (d'), 11, 142.
Alix, 185.
André (C.), 111, 112.
André (J. B.), 62, 292, 293, 294.
Angot, 111, 112.
Anthenaise (d'), 28.
Arago, 279.
Arcelin, 1, 4, 18, 52, 91, 137, 156, 192, 204.
Arduin, 168, 169, 170.

Badal, 268.
Barlow, 276.
Barrande, 179, 180.
Bell, 280.
Bernard, 19, 118.
Berthelot, 264.
Bertrand, 110.
Bineau, 150.
Boilliard, 187.
Boncompagni, 115.
Bonniot (de), 152.
Boulangé, 87.
Boulay, 127, 139, 140.
Bouquet de la Grye, 146.
Bourgeois, 86.
Broglie (de), 39.
Bruylants, 154, 181.
Buignet, 279.

Carbonnelle, 6, 45, 46, 65, 147.
Cazin, 177.
Chantre, 156.
Chardon, 162.
Chasles, 74.
Chautard, 129.
Cosquin, 153.
Crookes, 291.
Cuylits, 40.

Daniel, 132.
Daubrée, 135.
De Boë, 278.
Dechevrens, 188.
Delgeur, 24, 55, 221-233.
Delsaulx, 267, 268.
De Smedt, 41.
Desplats, 44, 66, 71, 94.
Dewalque, 154, 162, 173, 181.
Draper, 277.
Dumas, 42, 118, 150.
Dumont, 241-256.

Dupaigne, 157.
Dusausoy, 111.

Edelmann, 278.
Edison, 272, 273, 279.
Estienne (d'), 21, 38, 47, 92, 96, 104, 106, 107, 108, 116, 117, 119, 120, 130, 131, 143, 148, 150, 155, 168, 169, 170, 189.

Falsan, 156.
Faure, 283.
Faye, 121, 268, 271.
Ferrari, 149.
Flahault, 9, 20, 35, 127, 213-217.
Focillon, 73.
Foucault, 64.
Foville (de), 133, 134.
Francotte, 68.
Fuchs, 189.

Galilée, 23, 144, 158, 159, 166.
Gelin, 183.
Gilbert, 23, 42, 64, 74, 112, 115, 121, 124, 125, 142, 144, 158, 159, 166, 172, 174, 176, 177, 190.
Gilchrist, 293.
Gower, 279.
Grand'Eury, 139, 140.
Grisar, 174.
Guéroult, 278.
Guillemin, 119.
Güttler, 133, 134.

Hæckel, 192.
Hahn, 19, 75, 85, 260-266.
Hamard, 10, 60, 84, 131, 141, 143, 145, 163.
Hartmann (de), 126.
Haton, 138, 167.
Hopkins, 273, 278.
Hoüel, 123.
Houzeau, 114.
Hughes, 272, 281.

Kerviler, 17.
Kirwan (de), 5, 27, 43, 49, 67, 122, 136, 146, 186, 187.

Lagasse, 102, 218, 219, 220.
Lamey, 63, 90.
Lancaster, 114.
Lapparent (de), 7, 8, 15, 32, 48, 54, 56, 61, 79, 135, 160, 184.
Lecomte, 31.
Lefebvre, 2, 69, 70.
Leibnitz, 63.
Léon XIII, 33, 65.
Le Verrier, 118.
Locht (de), 282.
Lohse, 278.
Luys, 13.

Macé, 279.
Maisonneuve, 185.
Mannheim, 124.
Mansion, 123, 164, 183, 308-313.
Marion, 136.
Mas-Latrie (de), 117.
Mascart, 155, 278.
Masoin, 13, 89.
Meunier, 186.
Miln, 141.
Mir, 147.
Mivart, 57.
Mœller, 30, 97, 101, 151, 295-303.
Moigno, 172, 178.
Molloy, 143.
Montigny, 279.
Moreau (de), 99.

Nadaillac (de), 163.
Napier, 281.
Nares, 240.
Navez, 272.
Nève, 161.
Newton, 102.
Niaudet, 279.
Nicati, 279.

Papillon, 34.
Pâquet, 279.
Pascal, 307.
Pasteur, 264.
Perry, 171.
Pfaff, 175.
Planté, 278.
Plateau, 191.
Praile, 50.
Preyer, 97.
Proost, 12, 22, 29, 36, 58, 77, 81, 103, 284-294.

Quatrefages (de), 128.

Radau, 120, 161.
Raimbert (de), 72.
Rambosson, 148.
Rayet, 112.
Renard, 3, 78, 173, 234, 336, 239, 240, 257, 259.
Renault, 122.
Roderburg, 16.
Rossetti, 278.
Rupin, 182.

Saporta (de), 136.
Scott, 116.
Secchi, 82, 130, 149, 165, 172, 176, 207.
Suarez y Rodriguez, 164.
Surbled, 53.

Taylor, 276.
Thirion, 76, 109, 113, 114, 152, 157, 171, 188, 205-212.
Thomas, 293.
Tomson, 293.
Torroja, 113.
Toytot (de), 59

Vallée (de la), 14, 80, 110, 137, 145, 160, 173, 175, 179, 180, 184, 235, 237, 238, 240, 258.
Valroger (de), 132.
Vandenpeereboom, 167.
Van Tricht, 26, 82, 126, 128, 138, 191, 269-283.
Vigouroux, 25, 153.
Viñes, 109.

Wagner, 93.
Winnecke, 149.
Witz, 83, 88, 95, 98, 100, 129.
Wohlwill, 159, 190.
Wolf, 144.
Wolff (Dr), 103.
Wolff (Dr Th.), 238.
Wolynski, 158.
Wurtz, 182.

TABLE DES MATIÈRES

DU

DIXIÈME VOLUME

LIVRAISON DE JUILLET 1881.

moderne

La chimie agricole et la théorie de l'unité de la matière et des forces, par M. **F. Roderburg** 5

Études forestières, sols, climats, altitudes, par M. **Ch. de Kirwan**. 57

Parasitisme et transformisme, par M. **A. Proost** . . . 120

Les théories du déluge (suite), par **Jean d'Estienne** . . . 148

L'invention de la machine a vapeur, par M. **J. B. André**. 186

Bibliographie. — I. Traité pratique de chimie et de géologie agricoles, par M. Stanislas Meunier. **C. K** 224

II. Le traitement des bois en France, par M. Ch. Boilliard **C. K**. 226

III. Bibliographie générale de l'astronomie, par J. C. Houzeau et A. Lancaster. **J. T**. 231

IV. La Religion en face de la science, par l'abbé Alexis Arduin. **J. d'E**. 237

V. Harmonía entre la ciencia y la fe, par le R. P. Mir, S. J., **R. P. Carbonnelle**, S. J. 244

Revue des recueils périodiques.

Anthropologie, par **A. A**. 248

Physiologie, par **G. H**. 255

Botanique, par M. **Ch. Flahault** 277

Sciences agricoles, par M. **A. Proost** 283

Sciences industrielles, par M. **J. B. André** 293

Géographie, par **L. D**. 303

Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 308

Hygiène, par le **Dr Dumont** 315

Thérapeutique, par le **Dr Mœller**. 322

Astronomie, par le **R. P. Thirion**, S. J. 327

Génie civil, par M. **Ch. Lagasse** 338

Notes. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M**. . 346

LIVRAISON D'OCTOBRE 1881.

DYNAMISME ET ATOMISME, par M. **l'abbé de Broglie**. . . . 353
LE MAGNÉTISME ANIMAL, par M. **le Dr Xavier Francotte** . . 413
L'INVENTION DE LA MACHINE A VAPEUR (suite et fin), par M. **J. B. André**. 439
LES THÉORIES DU DÉLUGE (suite et fin), par **Jean d'Estienne**. 474
L'EUCALYPTUS, LA MALARIA ET LES CHEMINS DE FER ITALIENS, par M. **Ch. de Kirwan**. 519
L'ALCOOLISME (suite), par M. le **Dr Lefebvre** 551
BIBLIOGRAPHIE. — I Traité de Géologie, par A. de Lapparent. M. **Ch. de la Vallée Poussin**. 575
II. Explication de la carte géologique des deux cantons (nord et sud) de Mâcon, par Adrien Arcelin. M. **Ch de la Vallée Poussin**. 581
III. Traité d'arithmétique élémentaire, par l'abbé Gelin. **P.M.** 585
IV. Bibliographie générale de l'astronomie, par J. C. Houzeau et A Lancaster. **J. T.** 590
V. L'évolution du règne végétal. Les Cryptogames, par G. de Saporta et A. F. Marion. **C. K.** 592
VI. Cours de botanique fossile, par M. B. Renault **C. K.** . 600
VII. La Religion en face de la science, par l'abbé Alexis Arduin, **J. d'E.** 608
REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
ANTHROPOLOGIE, par **A. A.** 613
ASTRONOMIE, par **J. T** 621
GÉOGRAPHIE, par **L. D.** 635
HYGIÈNE, par le **Dr Dumont** 643
SCIENCES INDUSTRIELLES, par M. **J. B. André** 648
NOTES. Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** . 659
Bibliographie, Mathématiques 663
Société scientifique de Bruxelles Règlement arrêté par le Conseil pour l'encouragement des recherches scientifiques 665
TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES DIX PREMIERS VOLUMES 667

Bruxelles, imp. A. VROMANT, rue de la Chapelle.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV

Vol. X.

CINQUIÈME ANNÉE. — TROISIÈME LIVRAISON

JUILLET 1881

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1881

LIVRAISON DE JUILLET 1881.

—

I. — LA CHIMIE MODERNE ET LA THÉORIE DE L'UNITÉ DE LA MATIÈRE ET DES FORCES, par **M. F. Roderburg**, docteur en sciences naturelles.

II. — ÉTUDES FORESTIÈRES. SOLS, CLIMATS, ALTITUDES, par **M. Ch. de Kirwan**, inspecteur des forêts.

III. — PARASITISME ET TRANSFORMISME, par **M. A. Proost**, professeur à l'Université catholique de Louvain.

IV. — LES THÉORIES DU DÉLUGE, par **Jean d'Estienne**.

V. — L'INVENTION DE LA MACHINE A VAPEUR, par **M. J. B. André**.

VI. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Traité pratique de chimie et de géologie agricoles, par M. Stanislas Meunier. **C. K.** — II. Le traitement des bois en France, par M. Ch. Boilliard. **C. K.** — III. Bibliographie générale de l'Astronomie, par J. C. Houzeau et A. Lancaster. **J. T.** — IV. La Religion en face de la Science, par l'abbé Alexis Arduin. **J. d'E.** — V. Harmonía entre la ciencia y la fe, par le R. P. Mir, S. J. **R. P. Carbonnelle**, S. J.

VII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Anthropologie par **A. A.** — Physiologie, par **G. H.** — Botanique, par **M. Ch. Flahault.** — Sciences agricoles, par **M. A. Proost.** — Sciences industrielles, par **M. J.-B. André.** — Géographie, par **L. D.** — Physique, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Thérapeutique, par le **Dr Mœller.** — Astronomie, par le **R. P. Thirion**, S. J. — Génie civil, par **M. Ch. Lagasse.**

VIII. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences; avril, mai, juin 1881. **P. M.**

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les quatre premières années sont publiées. La cinquième paraîtra dans quelques jours. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 27, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878, 1879 et 1880.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 27, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 12, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

———

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

CINQUIÈME ANNÉE. — QUATRIÈME LIVRAISON

OCTOBRE 1881

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle*.

1881

LIVRAISON D'OCTOBRE 1881.

—

I. — DYNAMISME ET ATOMISME, par **M. l'abbé de Broglie**.

II. — LE MAGNÉTISME ANIMAL, par **M.** le **Dr Xavier Francotte**.

III. — L'INVENTION DE LA MACHINE A VAPEUR (suite et fin), par **M. J. B. André.**

IV. — LES THÉORIES DU DÉLUGE (suite et fin), par **Jean d'Estienne**.

V. — L'EUCALYPTUS, LA MALARIA ET LES CHEMINS DE FER ITALIENS, par **M. Ch. de Kirwan**.

VI. — L'ALCOOLISME (suite), par **M. le Dr Lefebvre**.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Traité de Géologie, par A. de Lapparent. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** - II. Explication de la carte géologique des deux cantons (nord et sud) de Mâcon, par Adrien Arcelin. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** — III. Traité d'arithmétique élémentaire par l'abbé Gelin **P. M.** — IV. Bibliographie générale de l'Astronomie, par J. C. Houzeau et A. Lancaster. **J. T.** — V. L'évolution du règne végétal. Les Cryptogames, par G. de Saporta et A. F. Marion. **C. K.** — VI. Cours de botanique fossile, par M. B. Renault, **C. K.** — La religion en face de la science, par l'abbé Alexis Arduin. **J. d'E.**

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Anthropologie, par **A. A.** — Astronomie, par **J. T.** — Géographie, par **L. D.** — Hygiène, par le **Dr Dumont.** — Sciences industrielles, par **M. J. B. André.**

IX. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences, par **P. M.** Bibliographie, Mathématiques.

Société scientifique de Bruxelles. Règlement arrêté par le Conseil pour l'encouragement des recherches scientifiques.

X. — TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES DIX PREMIERS VOLUMES.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les cinq premières années sont publiées. Chaque année se vend sépa-
ément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société
cientifique, 27, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé
eur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer
u prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878, 1879 et 1880.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 27, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 12, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

———

AMNH LIBRARY
100226210